

VŠB – Technická univerzita Ostrava  
Fakulta strojní  
Katedra výrobních strojů a konstruování

Vývoj kulového kohoutu s celosvařovanou tlakovou obálkou

The development of All-welded Ball Valve with a Pressure  
Envelope

Student:

Vedoucí diplomové práce:

Bc. Jakub Kačmář

doc. Ing. Jiří Fries, Ph.D.

Ostrava 2015

## Zadání diplomové práce

Student: **Bc. Jakub Kačmář**  
Studijní program: N2301 Strojní inženýrství  
Studijní obor: 3909T001 Konstrukční a procesní inženýrství  
Specializace: 70 Zemní, těžební a stavební stroje  
Téma: **Vývoj kulového kohoutu s celosvařovanou tlakovou obálkou**  
**The development of All-welded Ball Valve with a Pressure Envelope**

### Zásady pro vypracování:

V rámci diplomové práce zpracujete stručnou rešerši dané problematiky. Upravte stávající montovanou konstrukci kulových kohoutů typu K83.x složenou z tělesa ventilu, víka a tělesa ucpávky ovládacího čepu na konstrukci celosvařovanou. Diplomová práce bude obsahovat konstrukční návrh úpravy tohoto ventilu, včetně základních pevnostních a kinematických výpočtů. Návrh bude podložen technickou dokumentací v požadovaném rozsahu. Bližší specifikace provozních podmínek a parametru určí zadavatel - MSA, a.s.

### Seznam doporučené odborné literatury:

BROŽ, L. *Hutnictví železa*. Praha: SNTL, Praha 1988. 460 str.  
BROŽ, L. *Výroba surového železa*. Ostrava: VŠB, Ostrava 1964. 173 str.  
BOLEK, A. a kol. *Části strojů*. Praha: SNTL Praha, 1990.  
ČSN 01 6910 *Úprava písemností psaných strojem nebo zpracovaných textovými editory*. Praha: Český normalizační institut, srpen 1997. 36s.  
ČSN ISO 690 *Bibliografické citace. Obsah, forma a struktura*. Praha: Český normalizační institut, srpen 1996. 32s.

Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí diplomové práce: **doc. Ing. Jiří Fries, Ph.D.**

Datum zadání: 13.12.2014

Datum odevzdání: 18.05.2015



doc. Dr. Ing. Ladislav Kovář  
vedoucí katedry



doc. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.  
děkan fakulty

Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou diplomovou práci, včetně příloh, vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě: 15.5.2015

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Kozmár', is written over a light blue rectangular background.

.....  
podpis studenta

Prohlašuji, že

- jsem byl seznámen s tím, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě bakalářskou práci užít (§ 35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že diplomová práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB-TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího diplomové práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – diplomovou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- beru na vědomí, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě : 15.5 2015



.....  
podpis

Jméno a příjmení autora práce: Jakub Kačmář

Adresa trvalého pobytu autora práce: Horní 363, 747 15, Šilheřovice

## ANOTACE DIPLOMOVÉ PRÁCE

KAČMÁŘ, J. *Vývoj kulového kohoutu s celosvařovanou tlakovou obálkou : Diplomová práce*. Ostrava : VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra výrobních strojů a konstruování, 2013, 63 s. Vedoucí práce: doc. Ing. Jiří Fries, Ph.D.

Tato diplomová práce se zabývá úpravou a návrhem kulového kohoutu s celosvařovanou tlakovou obálkou. Úvod je věnován problematice kulových kohoutů, přehledu armatur, základnímu rozdělení a posouzení možných konstrukcí. Dále jsou v práci obsaženy možné typy použitelných svarů. Důležitým konstrukčním prvkem, kterým se práce zabývá, je provedení těsnícího pouzdra v hrdle kohoutu. Zmíněny jsou i konstrukční prvky kulového kohoutu a jeho nejdůležitější části. Výkres sestavy navrženého kulového kohoutu a navržených či upravených komponentů je umístěn v příloze.

## ANNOTATION OF DIPLOMA THESIS

KAČMÁŘ, J. *The development of All-welded Ball Valve with a Pressure Envelope : Diploma Thesis*. Ostrava: VŠB – Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Production Machines and Design, 2013, 63 p. Thesis head: doc. Ing. Jiří Fries, Ph.D.

This master thesis deals with the regulation and design of welded ball valve with pressure envelope. Introduction is devoted to ball valves, armatures overview, basic division and assessment of possible structures. Furthermore, search for types of usable welds is included in the work. Thesis also address the implementation of important structural component, which is a sealing bushing in the throat ball valve. Structural elements of the ball valve and its most important parts are also mentioned. The reasoning of the current design is discussed within the thesis. In conclusion, the structural solution of the thesis is justified. Assembly drawing of the ball valve, its design and proposed or modified components are located in the Annex.

<b>1</b>	<b>ÚVOD.....</b>	<b>9</b>
<b>2</b>	<b>PRACOVNÍ VYUŽITÍ A FUNKCE KULOVÝCH KOHOUTŮ .....</b>	<b>10</b>
<b>3</b>	<b>ZÁKLADNÍ ROZDĚLENÍ A TYPY ARMATUR.....</b>	<b>11</b>
	3.1 Základní rozdělení armatur.....	11
	3.2 Kulový kohout .....	11
	3.3 Šoupátka .....	13
	3.4 Klapky.....	14
	3.5 Ventily .....	15
<b>4</b>	<b>ZÁKLADNÍ ČÁSTI UPRAVOVANÉHO KULOVÉHO KOHOUTU .....</b>	<b>17</b>
	4.1 Šroubové provedení .....	17
	4.2 Svařované provedení ( víko – těleso – víko ) .....	18
<b>5</b>	<b>NÁVRHY A MOŽNOSTI ÚPRAVY .....</b>	<b>24</b>
	5.1 Počáteční návrh.....	24
	5.2 Upravený návrh dle normy a bezpečnosti .....	25
	5.3 Navržená verze pro MSA .....	26
<b>6</b>	<b>NÁVRH A VÝPOČET ZVOLENÉ KONSTRUKCE .....</b>	<b>28</b>
	6.1 Upravené konstrukční prvky.....	28
	6.2 Výpočet tlaku na obálku .....	30
	6.3 Výpočet ovládacích sil a momentů.....	30
	6.4 Pevnostní kontrola ovládacího čepu .....	33
	6.5 Kontrola děleného kroužku.....	35
	6.6 Kontrola uložení uzavírací koule.....	37
	6.7 Kontrola šroubů stojin a úchytů.....	38
	6.8 Poznámky k pevnostnímu výpočtu kohoutu.....	40
	6.9 Problematika výpočtu těles armatur .....	41
<b>7</b>	<b>NÁVRH TYPŮ POUŽITÝCH SVARŮ.....</b>	<b>42</b>
	7.1 Historie tvaru svarů.....	42
	7.2 Ověřování a kontrola .....	42
	7.3 Nově navržený tvar s odlehčovací drážkou .....	43
	7.4 Parametry svařování .....	43
	7.5 Zhodnocení nového typu drážky .....	44
	7.6 Svařování pod tavidlem .....	44

<b>8</b>	<b>KONTROLA METODOU MKP .....</b>	<b>46</b>
8.1	Vstupní parametry .....	46
8.2	Napětí.....	49
8.3	Posunutí .....	51
<b>9</b>	<b>SESTAVOVÁNÍ KULOVÉHO KOHOUTU .....</b>	<b>53</b>
9.1	Připojení pohonu ventilu.....	54
9.2	Značení armatur .....	54
9.3	Příprava k odeslání .....	54
9.4	Nutná dokumentace .....	55
<b>10</b>	<b>ZÁVĚR .....</b>	<b>57</b>
<b>11</b>	<b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....</b>	<b>59</b>
<b>12</b>	<b>SEZNAM OBRÁZKŮ .....</b>	<b>61</b>
<b>13</b>	<b>SEZNAM PŘÍLOH .....</b>	<b>63</b>

## Seznam zkratek a symbolů

<i>Zkratka</i>	<i>Význam</i>	<i>Jednotka</i>
s	tloušťka stěny	[mm]
h	výška pera	[mm]
b	šířka pera	[mm]
$l_p$	délka pera	[mm]
H	rozměr ovládacího čepu	[mm]
L	rozměr ovládacího čepu	[mm]
$d_3$	malý průměr závitu	[mm]
$D_{\check{c}}$	průměr čepu	[mm]
$D_K$	průměrový rozměr sedla	[mm]
$D_S$	průměrový rozměr sedla	[mm]
$D_b$	průměrový rozměr sedla	[mm]
$D_L$	průměrový rozměr sedla	[mm]
$m_c$	celková hmotnost	[kg]
$m_k$	hmotnost koule	[kg]
$m_d$	hmotnost desky s ložiskem	[kg]
$m_{\check{c}}$	hmotnost ovládacího čepu	[kg]
$n_p$	počet per	[-]
HV	tvrdost podle Vickerse	[-]
$f_s$	třecí součinitel (sedlo-koule)	[-]
$f_L$	součinitel tření v ložisku	[-]
$F_f$	celková síla od pružin na jedno sedlo	[N]
$F_p$	tlak síly pod kuželku	[N]
$F_m$	síla na kouli od tlaku media	[N]
$M_L$	moment v ložiscích	[N·m]
$M_{PASSIV}$	pasivní odpor	[N·m]
$M_o$	celkový ovládací moment	[N·m]
Re	mez pevnosti v kluzu	[MPa]
$p_{s,p}$	napětí v tlaku	[MPa]
$\sigma_{Dt}$	dovolené napětí v tahu	[MPa]
$\tau_{s,p}$	napětí v krutu	[MPa]
$\tau_{MAX}$	dovolené napětí v tahu	[MPa]
$p_D$	dovolené napětí v tlaku	[MPa]



$\Delta p$	diferenční tlak pro ovládaní	[MPa]
$\Delta p_D$	dvoustranný diferenční tlak	[MPa]
$p$	maximální vnitřní přetlak	[MPa]
$g$	gravitační konstanta	[m·s <sup>-2</sup> ]

## 1 ÚVOD

Diplomová práce se zabývá úpravou kulového kohoutu šroubovaného typu na kulový kohout s celosvařovanou tlakovou obálkou. Celosvařovaná obálka má obsahovat svařované těleso, hrdlo a dvě víka. Víka mohou být přivařovacího typu nebo přírubového či kombinace, jedna strana přírubová druhá přivařovací. Tato konstrukce záleží vždy na požadavku zákazníka. Kohout s touto úpravou plánuje společnost vyrábět a zařadit jej do svého prodejního portfolia.

Při realizaci diplomové práce jsem spolupracoval s firmou MSA, a.s., (Obr. 1.1) sídlící v Dolním Benešově, která se řadí k předním světovým výrobcům průmyslových armatur. Tato společnost je součástí mezinárodní skupiny RIMERA-GROUP. Společnost se zabývá výrobou a návrhem kulových kohoutů, šoupátek a klapek. Armatury jsou především dodávány pro odvětví zpracování ropy, přepravy a distribuce plynu, jaderné i klasické energetiky, vodárenství.

Na obrázku (Obr. 1.2) je šroubované těleso kulového kohoutu typu K83, u kterého budou prováděny změny na celosvařovanou tlakovou obálku, kde musíme navrhnout kompletní svařovanou konstrukci od tělesa po hrdlo kulového kohoutu.



Obr. 1.1- Logo akciové společnosti [1]



Obr. 1.2 - Upravovaný kulový kohout (šroubovaný) [1]

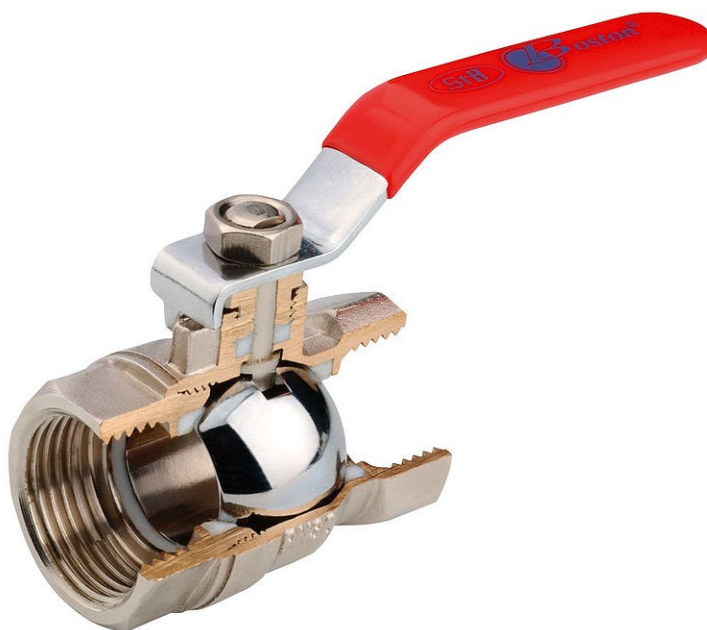
## 2 PRACOVNÍ VYUŽITÍ A FUNKCE KULOVÝCH KOHOUTŮ

Kulový kohout patří k uzavíracím obousměrným armaturám. Tato armatura se v dnešní době hodně využívá v rozmanitých typech oborů. Může se jednat o teplárenství, jadernou i klasickou energetiku, přepravu, distribuci tekutin nebo plynů, případně vodárenství.

Hlavním uzavíracím prvkem u kulového kohoutu je koule, která usměrňuje a řídí tok přes něj. Tento typ kohoutu není využíván jako škrtící nebo regulační ventil. V kouli je ve středu umístěn průchozí otvor a tím dochází při otočení v rozsahu  $0^\circ$  až  $90^\circ$ , v případě malých ventilů pomocí ruční páky. U rozměrnějších ventilů, při využití v těžkém průmyslu za pomoci šnekových převodů ovládaných kolem či elektromotorem, pneupohonem.

Názornou ukázkou můžeme vidět v částečném řezu na obrázku (Obr. 2.1) Kulové kohouty se řadí mezi čtvrtotáčkové armatury. Pokud je konstrukční průměr otvoru v kouli stejně velký jako průměr potrubí, jedná se o plnoprůtokový kulový kohout. Při tomto typu kohoutu nedochází k tlakovým ztrátám a používáme je hlavně v případě, kde je potřeba volný průtok. V opačném případě, kdy otvor je menší, jedná se o ventil s redukováným průtokem. U tohoto ventilu roste průtoková rychlost. Cenově je tento typ ventilu levnější.

Materiál tělesa kohoutu s koulí musíme zvolit hlavně dle typu použití a typu média. Ty nejrozšířenější a nejlevnější kohouty jsou pro použití na teplou a studenou vodu, kde je použit materiál mosaz. V přírubovém provedení je použita většinou šedá litina. Dalšími materiály mohou být tvárná litina, ocel, nerezová ocel a další slitiny. Pro dokonalé utěsnění je použit teflon, grafit nebo také grafit plněný sklem.



Obr. 2.1 - Kulový kohout v částečném řezu [2]

### **3 ZÁKLADNÍ ROZDĚLENÍ A TYPY ARMATUR**

Armaturou se nazývá součást potrubí, kterou využíváme k ovlivnění průtoku pracovního média. Médium ovlivňujeme uzavřením, otevřením, částečným uzavřením nebo oddělením látky.

Do skupiny armatury neřadíme čerpadla, výměníky ani jiná technologická vybavení.

#### **3.1 Základní rozdělení armatur**

##### **3.1.1 Dle uzavíracího pohybu**

- lineární – šoupátko, ventil
- otáčením – kulový kohout, uzavírací klapka
- detonací – membránová armatura

##### **3.1.2 Dle funkce**

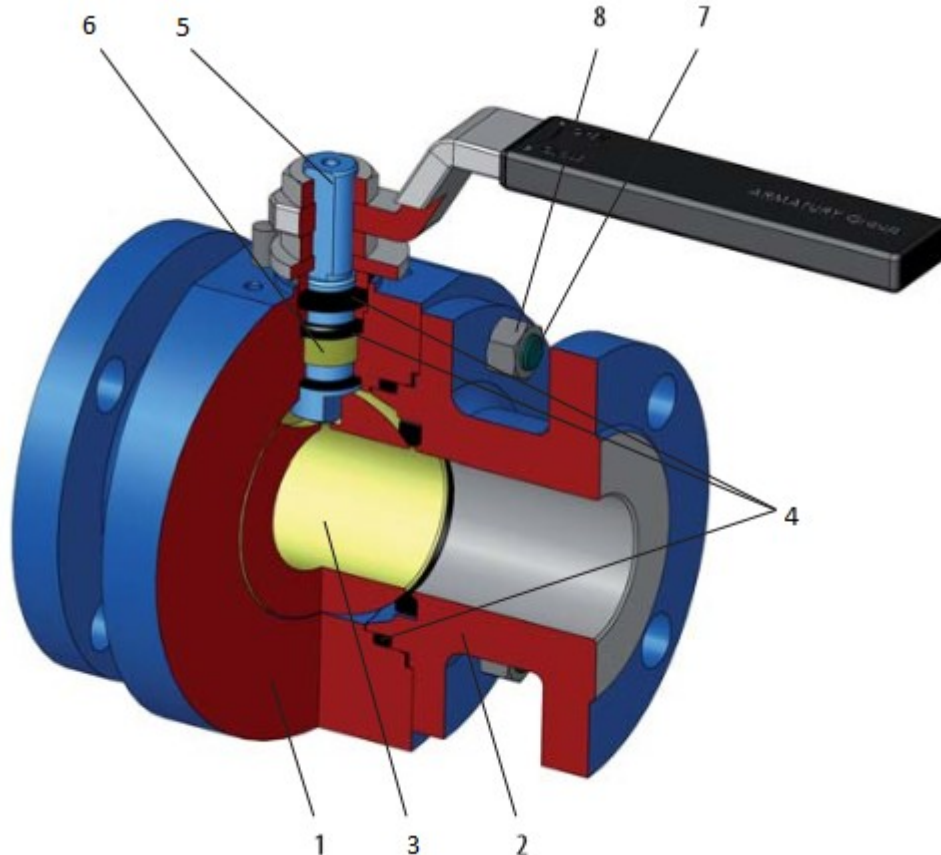
- uzavírací – šoupátko, ventil, kulový kohout, klapka
- regulační – ventil, šoupátko, kulový kohout
- pojistná – pojistné ventily, zpětné klapky
- vyprazdňovací – odvzdušovací, odkalovací ventily
- odlučovací – filtry, sací koše, odlučovače oleje a vody...
- kontrolní a měřicí – manometry, vodoznaky

#### **3.2 Kulový kohout**

Kulový kohout je vyráběn ve dvou konstrukčních provedeních. Konstrukce s plovoucí koulí a s plovoucím sedlem. Při výběru typu kohoutu se musíme zaměřit na pracovní podmínky jako je teplota pracovního média, pracovní tlak, světlost potrubí a další. Plovoucí kouli běžně použijeme do světlosti DN 500 a pracovní tlak PN 160. Kulový kohout s plovoucím sedlem využijeme pro menší průměry potrubí do DN 200, ale zato je možné jej použít na tlak až do PN 250.

##### **3.2.1 Kulový kohout s plovoucí koulí**

U tohoto typu (Obr. 3.1) je koule ventilu vložena mezi dvěma těsnícími kroužky. Kroužky zajišťují, aby při plném otevření bylo zabráněno průsaku a tečení kapaliny. Díky osovému otáčení plovoucí koule dochází k úplnému uzavření ventilu. Úplnému uzavření

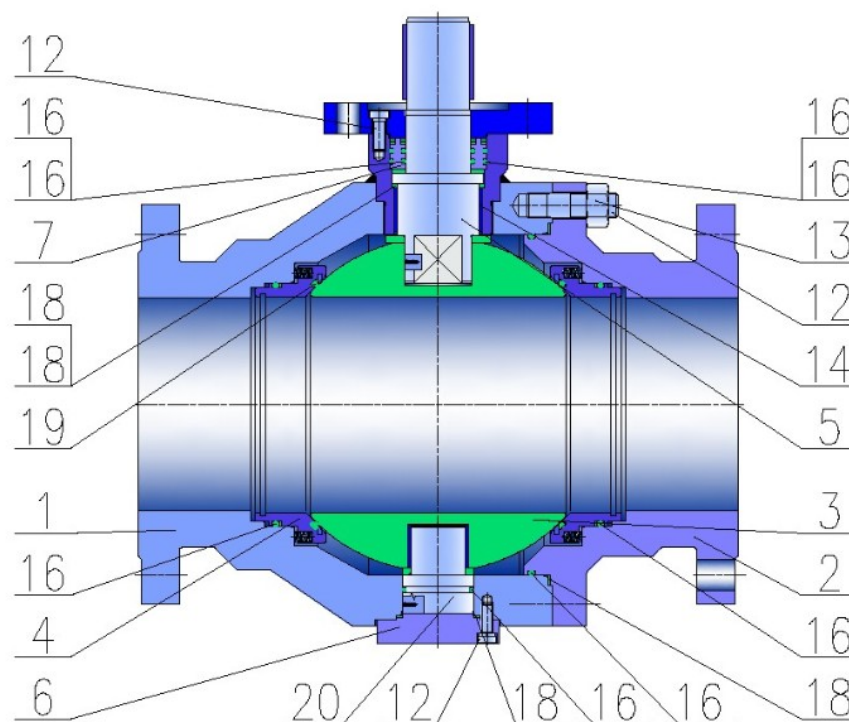


**Obr. 3.1 - Kulový kohout s plovoucí koulí [3]**

1- Těleso, 2- Viko, 3- Koule, 4- Těsnivo, 5- Čep ovládací, 6- Ložisko, 7- Šroub, 8- Matice

### 3.2.2 Kulový kohout s plovoucím sedlem

V tomto typu konstrukce kulového typu ventilu (Obr. 3.2) je koule usazena na horním a spodním čepu, kdy spodní čep může být součástí koule. Koule se může otáčet kolem své radiální osy. Axiální posuv ovšem není možný. Těsnost u této konstrukce ventilu je zajištěna dotlačením sedla na kouli pomocí tlaku média a na druhé straně je sedlo dotlačováno díky vhodně zvoleným pružinám.



**Obr. 3.2 - Kulový kohout s plovoucím sedlem [3]**

1- Těleso, 2- Víko, 3- Koule, 4- Sedlo, 5- Ovládací čep, 6- Dolní víko, 7- Horní víko, 8- Přítlačný kroužek sedla, 9- Přítlačný kroužek, 10- Ucpávkové víko, 11- Třmen, 12- Šrouby, 13- Matice, 14- Pouzdro, 15- Podložka, 16- Okroužek, 17- Těsnicí kroužek, 18- Ploché těsnění, 19- Sedlový kroužek, 20- Vodící čep

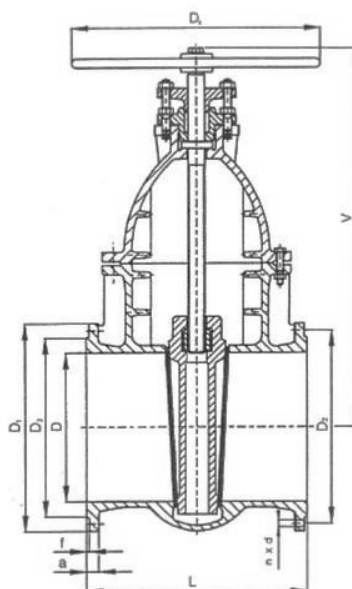
### 3.3 Šoupátka

Šoupátka se mohou rozdělit dle jejich konstrukce a několika hledisek. Podle tvaru uzavěru mohou být šoupátka klínová nebo paralelní.

U klínových šoupátek (Obr. 3.3) sedla svírají stále stejný úhel a těsněného uzavření se dosáhne zatlačením klínu mezi sedla. Klínová šoupátka jsou svoji jednoduchostí a spolehlivostí více používaná než šoupátka paralelní.

Paralelní šoupátka mají sedlo rovnoběžná a uzavírací orgán tvoří jednoduchá deska nebo dvě desky, z nichž každý dosedá na jedno sedlo. Těsnosti se dosahuje buď jen tlakem, který vyvodí kapalina nebo přítlačným mechanismem jako jsou pružiny či pákový systém.

Rozdělení tvaru tělesa mohou být šoupátka s tělesem plochým, oválným nebo válcovým. Podle provedení ovládací části se jedná o šoupátka se závitem pohybového šroubu uvnitř tělesa nebo vně tělesa.



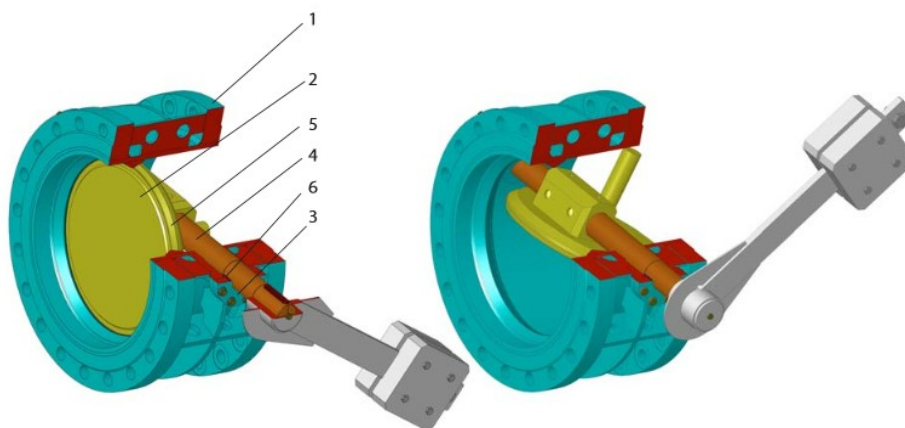
**Obr. 3.3 - Klínové šoupátko [7]**

### 3.4 Klapky

Zpětné armatury pro běžné použití jsou konstruovány buď jako zpětné ventily nebo jako zpětné kapky (Obr. 3.4).

Zpětné klapky mohou být použity jak do vodorovného, tak i do svislého potrubí, pokud proudí pracovní kapalina zdola. Tato možnost však musí být výrobcem zvlášť uvedena.

O použití zpětné klapky nebo zpětného ventilu obvykle rozhodují požadavky finálního zařízení. Hlavní rozdíl mezi oběma typy armatur je vtom, že tlakové ztráty při proudění pracovní látky zpětnou klapkou jsou podstatně menší než při proudění pracovní kapaliny zpětným ventilem. Ovšem u zpětných klapek obvykle vznikají při jejich uzavření větší rázy v potrubí, je-li pracovní látkou kapalina.



**Obr. 3.4 - Zpětná motýlková klapka (MSA) [1]**

*1-Těleso, 2- Talíř, 3- Víko, 4- Hřídel, 5- Návary sedel, 6- Těsnění*



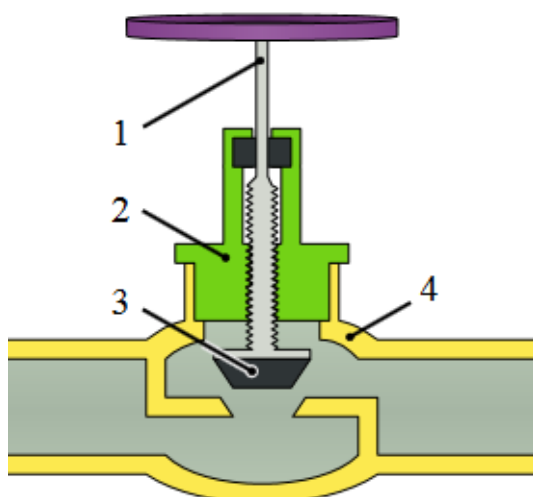
### 3.5 Ventily

#### 3.5.1 Ventily uzavírací

Konstrukční provedení uzavíracích ventilů je velké množství, od těch s nejjednodušší konstrukcí až po speciální uzavírací ventily pro chemické provozy, energetiku atd.

U ventilu je uzavíracím prvkem kuželka, která může být k vřetenu připevněna různým způsobem. Nejjednodušší způsobem je navlečená kuželka.

Směr toku kapaliny může být dvojitý. První je proudění kapaliny pod kuželku nebo nad kuželku. Oba tyto typy mají své výhody i nevýhody. Při směru proudění pod kuželku rostou ovládací síly a kroutící momenty v závislosti na rozměru ventilu a tlakem prostředí by dosáhly neúnosných hodnot. Proto omezuje používání uzavíracího ventilu s tokem kapaliny pod kuželku do hodnoty síly  $F_p = 40000 \text{ N}$ . Při vyšších hodnotách musíme volit směr proudění nad kuželku a ventil opatřit obtokem pro částečné vyrovnání tlaku před otevřením ventilu. Na obrázku (Obr. 3.5) je zjednodušený princip funkce uzavíracího ventilu.



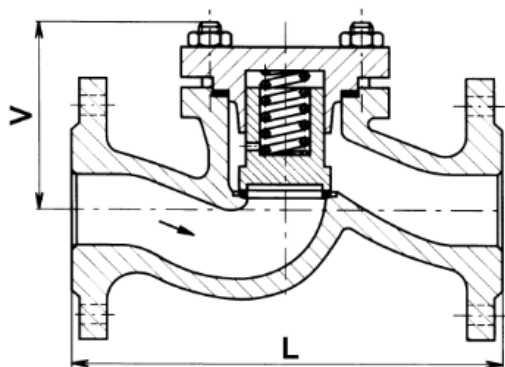
**Obr. 3.5 - Uzavírací ventil [5]**

*1 - Dřík; 2 - Zátka se závitem; 3 - Kuželka; 4 - Tělo ventilu s přepážkou*

#### 3.5.2 Ventily zpětné

Tento typ ventilu (Obr. 3.6) dovoluje průtok pouze jedním směrem. Pokud proudění ustane, ventil se samočinně uzavře (např. vlastní tíhou kuželky) a nedovolí obrácený průtok. Provedení a funkčnost lze vidět na nadcházejícím obrázku.

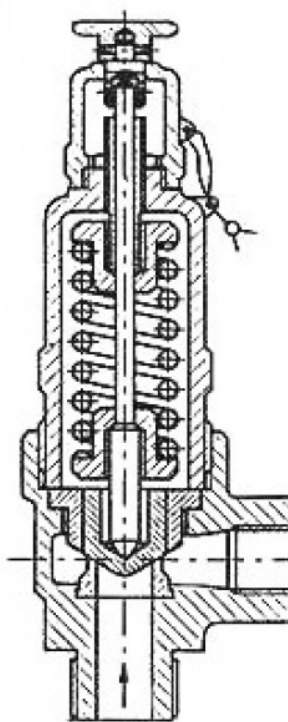




**Obr. 3.6 - Zpětný ventil [11]**

### 3.5.3 Ventily pojistné

Pojistné ventily (Obr. 3.7) zabraňují překročení maximálního dovoleného tlaku v potrubí nebo uzavřené tlakové nádobě. Kuželka je do sedla přitlačována obvykle pružinou dimenzovanou na dovolený přetlak. Stoupne-li přetlak, kuželka se zvedne a médium unikne do odpadu.



**Obr. 3.7 - Pojistný ventil [11]**

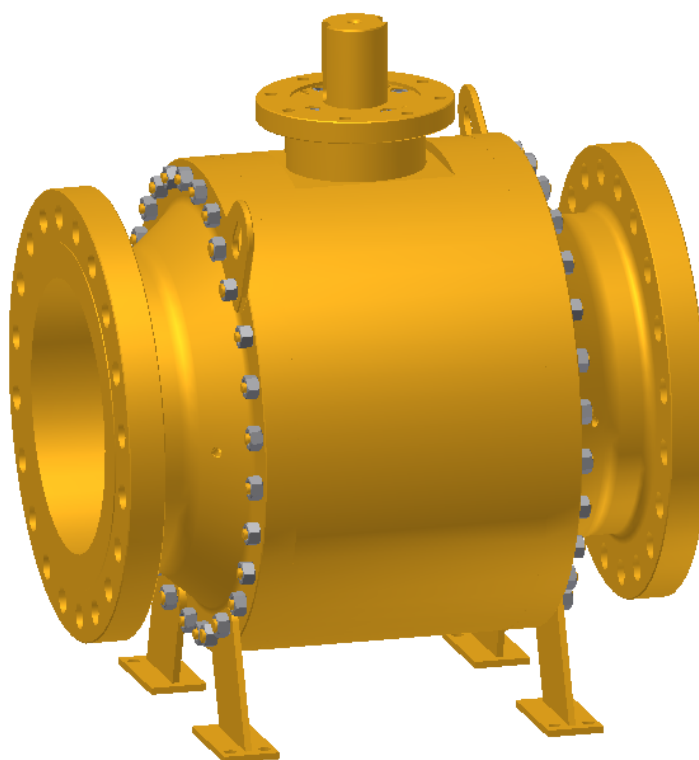
### 3.5.4 Ventily redukční

Slouží k udržování stálého tlaku v potrubí za ventilem, i když tlak před ventilem je podstatně větší. Používají se především při regulaci tlaku plynů odebíraných z tlakových nádob (lahví) a při přechodu z vysokotlakých rozvodů na nízkotlaké nebo naopak.

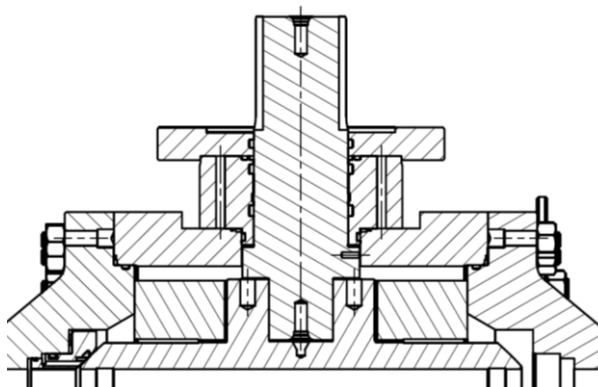
## 4 ZÁKLADNÍ ČÁSTI UPRAVOVANÉHO KULOVÉHO KOHOUTU

### 4.1 Šroubové provedení

Jeden z prvních typů vyráběných kulových kohoutů ve společnosti. Jedná se o kompletně montovaný typ, u kterého je obálka složená z těla a dvou vík. Tyto části jsou spojeny šroubováním. Dotěsňování se provádí těsníci kroužky mezi víkem a tělesem. Hlavní výhodou je možnost demontáže a případných oprav uvnitř uzavírací armatury. Na obrázku (Obr. 4.1) je typ se šroubovacími přírubami. Na dalším obrázku (Obr. 4.2) je vidět řez ovládání montovaného kohoutu.



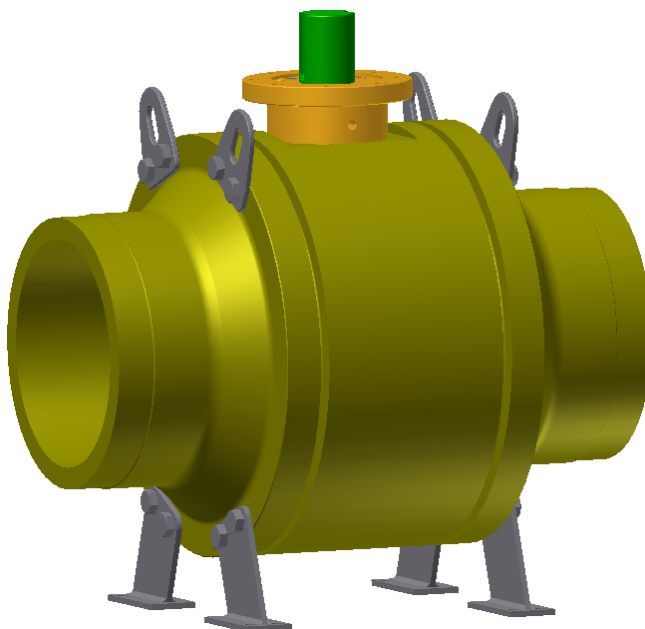
Obr. 4.1 - Šroubové provedení od společnosti MSA



Obr. 4.2 - Řez ovládání kohoutu MSA

## 4.2 Svařované provedení ( víko – těleso – víko )

U tohoto provedení přivařovacího typu (Obr. 4.3) jsou šrouby na obvodu víka nahrazeny svařem. Tím odpadne i nutnost těsnění, které je potřeba u šroubového provedení. Jediné závitové díry co jsou potřeba, jsou díry pro šrouby uchycující patky a závěsy. Ostatní komponenty, jako je ovládací čep, hrdlo s těsněním i příruba, zůstávají nezměněné.



**Obr. 4.3 - Svařovaný kohout, přivařovacího typu**

### 4.2.1 Víko

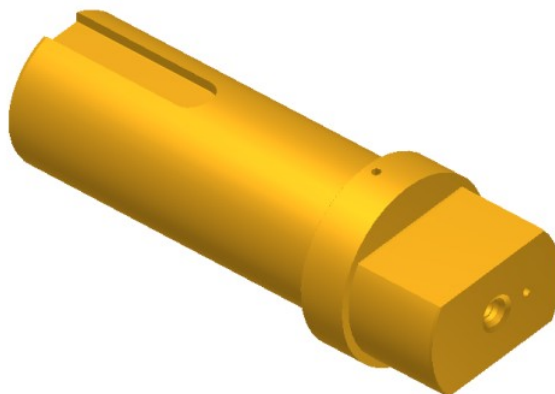
Jak již bylo dříve zmíněno, existují dva typy víka. Jedná se o víko přivařovacího typu a nebo přírubového typu. Další z možností je jejich kombinace. Pokud se jedná o svařovanou obálku, je na hraně víka pouze 8 otvorů o velikosti M30 pro umístění dvou stojin a dvou úchytů. U šroubovaného tělesa, jak je vidět na obrázku (Obr. 4.1) je na této hraně 28 děr pro sešroubování.

### 4.2.2 Těleso

Hlavní část kulového kohoutu, ve kterém je umístěn uzavírací segment (koule). V tělese kohoutu je několik vtoků a otvorů. Tyto otvory slouží pro výpust kapaliny z tělesa kohoutu a pro vyrovnání tlaků. Vyfrézovanou část, na kterou se šrouby montuje hrdlo kohoutu, můžeme odstranit, jelikož v požadavcích je, aby těleso bylo celosvařované.

#### 4.2.3 Ovládací čep

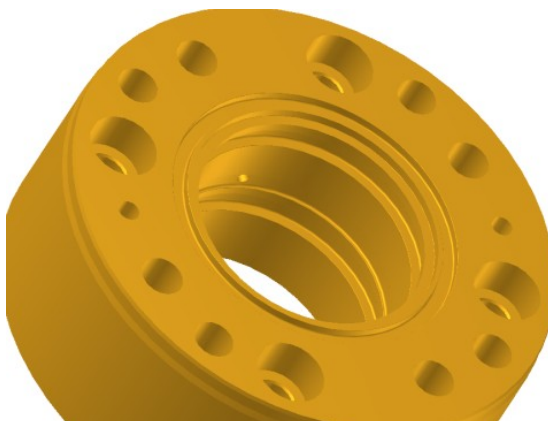
Tento prvek (Obr. 4.4) slouží pro ovládání koule a tím spojené otevírání a uzavírání armatury. Připojovací rozměr čepu je průměru 115 mm, který i po úpravách musí zůstat zachován a dvě drážky pro pera pootočené o 180°. Jedná se o pera délky 155 mm a šířky 32 mm. Závitové části na obou stranách čepu jsou určeny pouze pro lepší manipulaci a jednodušší sestavování. Hmotnost čepu se pohybuje kolem 40 kg. Do díry na největším průměru čepu se umísťuje pružina a nerezová kulička.



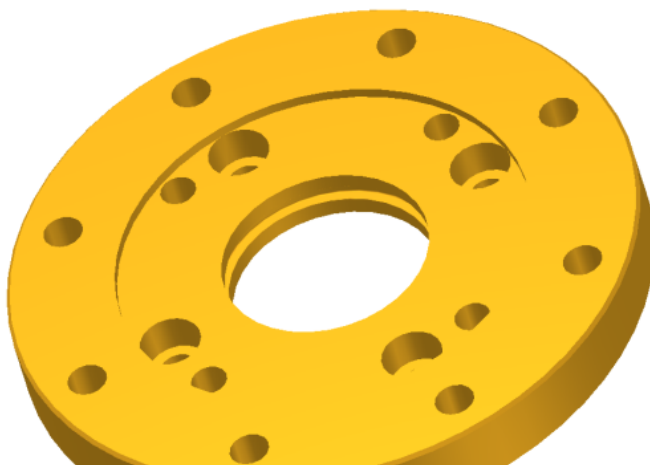
**Obr. 4.4 - Ovládací čep**

#### 4.2.4 Příruba, hrdlo

Na obrázku (Obr. 4.5) je hrdlo kulového kohoutu. Toto hrdlo se přišroubovává čtyřmi zápusťnými šrouby na těleso kohoutu. Drážky v hrdle slouží pro těsnící kroužky a protipožární ucpávky, aby bylo zabráněno při požáru vyhoření těsnících kroužků. Další z drážek je pro nouzové dotěsňování ovládacího čepu. Příruba byla v obou typech šroubována a to jak u šroubované obálky, tak i u svařované. Podle požadavků zákazníka má být těleso kohoutu celosvařované a to zahrnuje hrdlo a současně i přírubu (Obr. 4.6), která slouží pro uchycení pohonu.



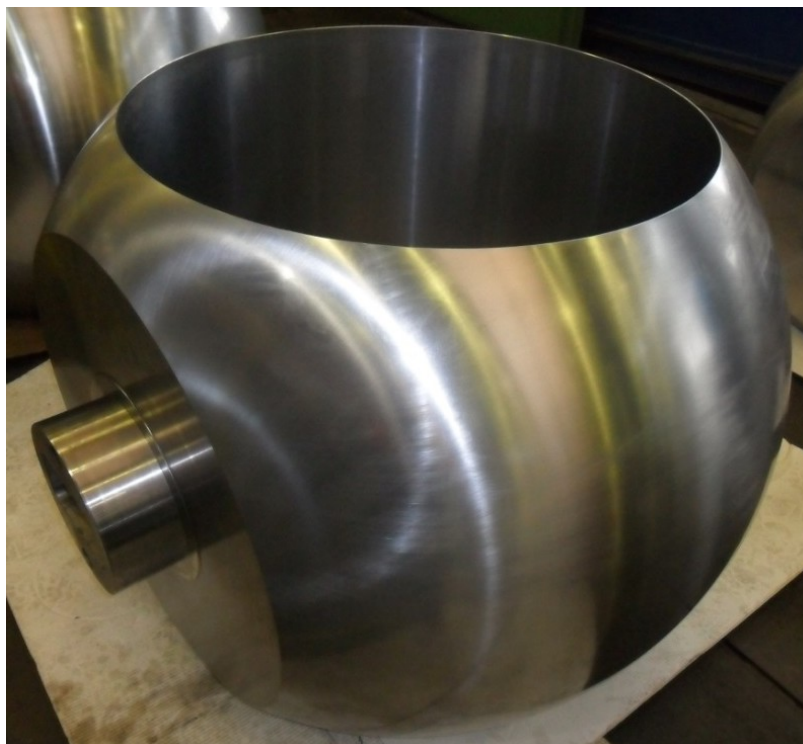
**Obr. 4.5 - Hrdlo**



**Obr. 4.6 - Příruba**

#### 4.2.5 Koule

Jak již bylo v počáteční rešerši zmíněno, koule (Obr. 4.7) může být buďto plovoucí a nebo s plovoucím sedlem. V našem případě se jedná o kouli s plovoucím sedlem. Na opracovanou kouli je nanесena vrstva chromu nebo niklu, to podle pracovní látky. Díky této úpravě má koule daleko větší tvrdost a to až 900 HV. Ve zvláštních případech se používá koule celonerezová, bez dalších úprav. Nakupovaný polotovár koule před opracováním můžeme vidět na obrázku (Obr. 4.8)



**Obr. 4.7 - Koule**



**Obr. 4.8 - Polotovar koule**

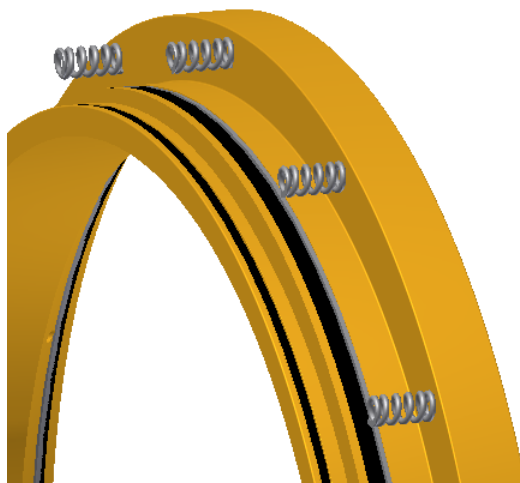
#### 4.2.6 Těsnící prstenec (sedlo)

Díky této součásti (Obr. 4.9) nedochází k průsakům pracovní kapaliny. Sedla jsou pomocí tlaku pracovní kapaliny přitlačována ke kouli. Druhé protilehlé sedlo je za pomoci pružin na obvodu přitlačováno ke kouli. V tomto prstenci jsou použity těsnící kroužky materiálu nylon nebo teflon. Detail prstence je vidět na obrázku (Obr. 4.10).



**Obr. 4.9 - Těsnící prstenec**





**Obr. 4.10 - Detail prstence**

#### 4.2.7 Ložiska a jejich uložení

U kulového kohoutu se využívají kluzná ložiska, které jsou vyrobená na zakázku. Díky tomu si můžeme určit požadovanou a potřebnou velikost. V sestavě jsou použita ložiska axiální i radiální. Axiální ložiska jsou dvě. Jedno je umístěno ve spodní části koule, mezi kouli a spodní deskou tak, aby na něj koule mohla dosednout. Druhé axiální ložisko je mezi osazením čepu a těsnícím pouzdrem. Radiální ložiska jsou také dvě. Obě jsou uložena v plovoucí desce a k tomuto účelu vhodně upravená. Na obrázku (Obr. 4.11) je plovoucí deska při sestavování kulového kohoutu. Našroubovaná oka v plovoucí desce jsou přípravky pro jednodušší manipulaci.



**Obr. 4.11 - Deska s uložením ložiska a koulí**

#### 4.2.8 Stojiny a úchyty

Podle normy API musí mít všechny armatury od velikosti DN 200 závěsné body, není-li dohodnuto jinak. Výrobce musí ověřit vhodnost těchto úchytů. Pokud za dodávku zodpovídá výrobce, musí ověřit vhodnost úchytu i s celým pohonem. Je-li za dodání sestavy armatury a pohonu odpovědný odběratel, musí odběratel poskytnout přiměřené informace, aby umožnil výrobcí ověřit vhodnost závěsných bodů celé sestavy. Jejich kontrolní výpočet uchycení nalezneme v bodě 6.7

#### 4.2.9 Další prvky

Kulový kohout má mnoho dalších nutných prvků pro správnou funkci. Jako těsnicí prvky se využívají kroužky firmy Gasket. Dále je potřeba šňůra pletená, která chrání těsnicí prvky před vyhořením. U hrdla jsou umístěny kolíky, které zajišťují správné ustavení hrdla a příruby. Na kulovém kohoutu jsou umístěny menší kulové kohouty, které mají za úkol odvzdušnit kohout, zajistit výpust zbytku pracovního média a před otevřením vyrovnat tlak v kohoutu.



## 5 NÁVRHY A MOŽNOSTI ÚPRAVY

Konstrukční změny a provedení kulového kohoutu se provádí z několika hlavních důvodů. Díky celosvařované konstrukci obálky uspoříme výraznou část materiálu a tím docílíme zmenšení hmotnosti kulového kohoutu. Taktéž nebude potřeba tolik těsnících prvků. Tuto úpravu ve větší míře taktéž požadují zákazníci, kterým se společnost snaží vyhovět.

Nynější provedení kulového kohoutu nemá přivařené hrdlo s přírubou, ale stále je v provedení šroubovaném. Po změně hrdla se již naskytne možnost modernizovat způsob utěsnění ovládacího čepu. Snahou bude docílit splnění všech bezpečnostních podmínek, norem a také nejčastější požadavky odběratelů armatur.

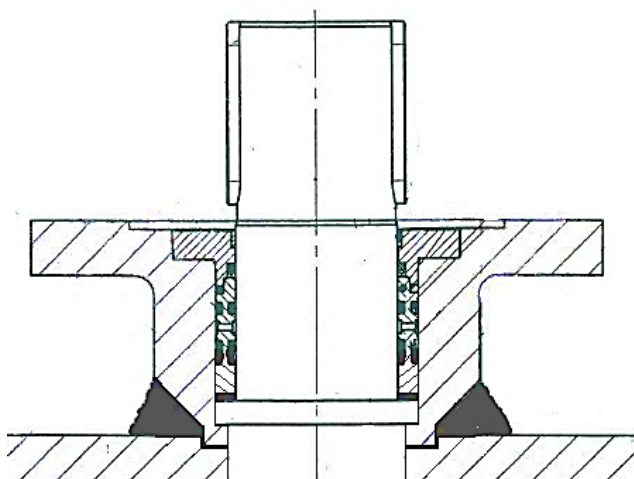
První konstrukční úpravou, na kterou bylo potřeba se zaměřit, je změna tvaru svařované plochy a zmenšení tloušťky stěny. Díky této úpravě došlo k částečnému snížení hmotnosti a to kolem 350 kg. Podrobné provedení a změna motýlkového tvaru svaru je uvedena v kapitole 7. Při této úpravě docházelo ke změnám pouze dvou vík a tělesa kulového kohoutu.

Další úpravou konstrukce kulového kohoutu bylo hrdlo s přírubou. Při návrhu úpravy svařované části hrdla, bylo nutno upravit ovládací čep a kompletně navrhnout nové těsnící pouzdro, které bude splňovat všechny požadavky.

Prvky, jako jsou koule, deska ložiska s ložiskem, těsnící prstenec a další těsnící prvky zůstaly nezměněné. Rozměry horní části ovládacího čepu s drážkami pro pero musí zůstat zachovány, z důvodu připojení pohonu, který není v plánu měnit.

### 5.1 Počáteční návrh

Dle prvních plánů vedla úvaha o konstrukci hrdla k tomuto řešení. Hrdlo kulového kohoutu a příruby bude z jednoho kusu dílu. Spodní část hrdla měla být vhodně upravena pro snadnější a kvalitnější provedení svaru. Tento svar musí být proveden po celém obvodu. Pro lepší ustavení a uložení bude hrdlo mít osazení, které bude zapadat do otvoru tělesa kulového kohoutu. Po provedení kompletace a přivaření hrdla, se provádí dodatečné vysoustružení na požadovaný rozměr ovládacího čepu a navrhovaného těsnícího pouzdra s víčkem. Těsnící pouzdro mělo být dohromady s víčkem. Po odšroubování víčka by došlo k současnému vysunutí pouzdra, na kterém by se mohly poté dělat potřebné opravy jako výměna těsnění a protipožární šňůry. Tento návrh (Obr. 5.1) ovšem potřeboval udělat značné úpravy, aby splňoval všechny normy, předpisy a nejčastější požadavky zákazníků.

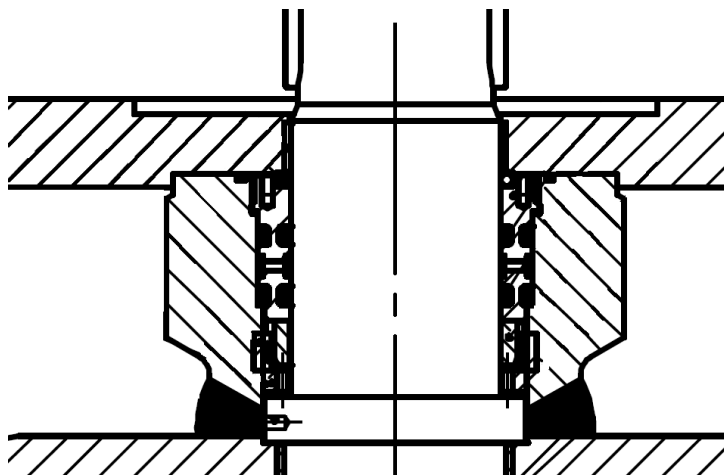


**Obr. 5.1 - Počáteční návrh pouzdra**

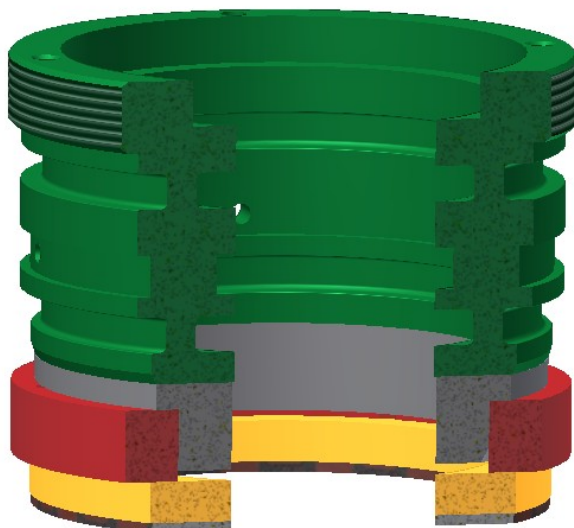
## **5.2 Upravený návrh dle normy a bezpečnosti**

Upravením prvotního konstrukčního návrhu, které by splňovalo potřebné parametry, jsem navrhl pouzdro, jehož usazení na ovládacím čepu je vidět na obrázku (Obr. 5.2). Hlavní důraz byl kladen na provedení tohoto pouzdra kulového kohoutu (Obr. 5.3). Na osazení ovládacího čepu je umístěno kluzné ložisko, na něm poté podložka. V normě ohledně konstrukcí armatur je uvedeno, že po odstranění víka nad pouzdrem, musí být zabráněno vystřelení ovládacího čepu. Tato podmínka je splněna jednoduchým konstrukčním prvkem.

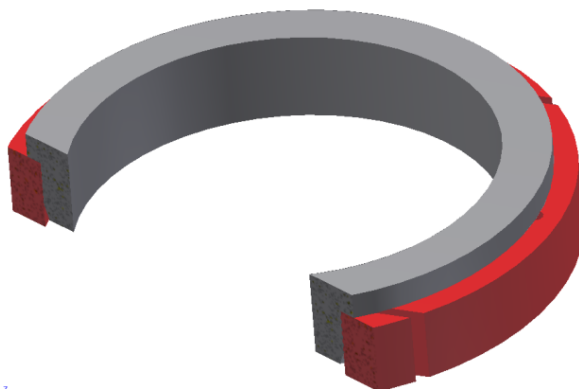
V hrdle je vysoustružená drážka, do které se dá dělený kroužek. Kroužek je v roztažené poloze přidržován přitlačným kroužkem. Detail složení děleného kroužku je na obrázku (Obr. 5.4). Nad touto částí je již těsnící pouzdro, na kterém jsou umístěny dva vnitřní a dva vnější kroužky. Mezi těmito kroužky nesmíme opomenout navrhnout místo pro dotěšňovací drážku. V horní části, u příruby, nalezneme protipožární ucpávky, které brání vyhoření těsnění a na vnější horní části pouzdra závit pro zašroubování do hrdla kohoutu.



**Obr. 5.2 - Řez konstrukce pouzdra v hrdle**



**Obr. 5.3 - Pouzdro kulového kohoutu**



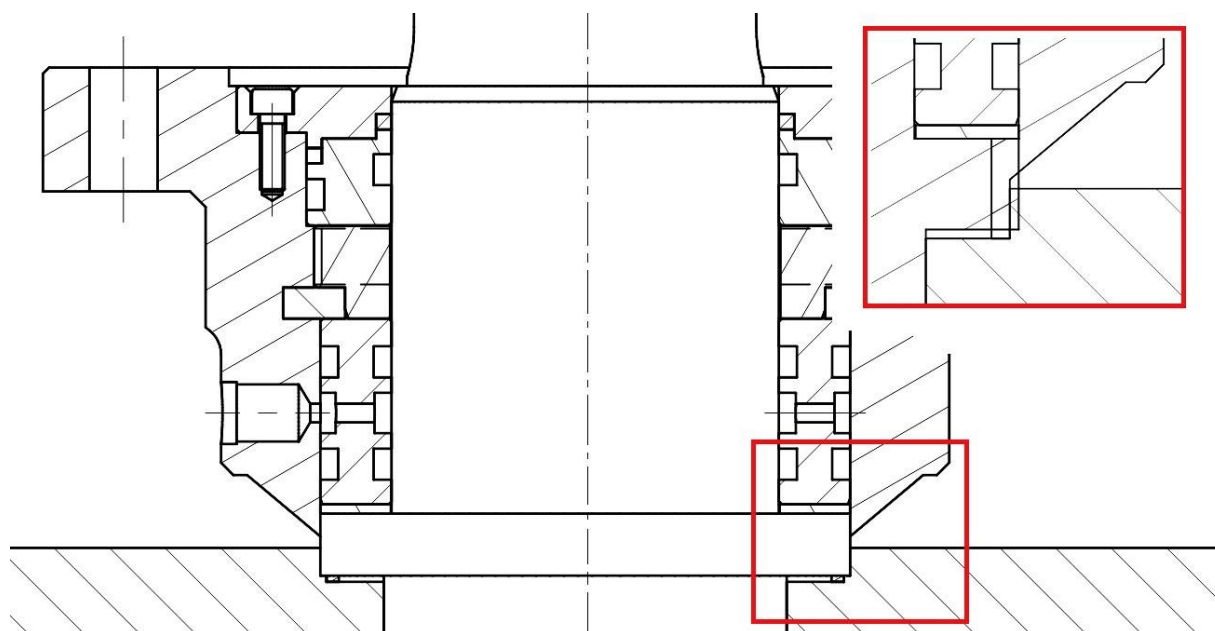
**Obr. 5.4 - Dělený kroužek s přitlačným kroužkem**

### **5.3 Navržená verze pro MSA**

Z důvodů požadavků zákazníků, kteří si přáli mít možnost aspoň částečné údržby těsnění kulového kohoutu za provozu, bez nutností zastavování a vypouštění pracovního média z kohoutu, muselo být předešlé řešení částečně upraveno. Úprava se týkala přesunutí rozpěrného kroužku nad první část hlavního pouzdra (Obr. 5.5).

Druhé dotěšňovací pouzdro s těsnícími kroužky, jedním vnitřním a druhým vnějším, je umístěno nad pojistným rozpěrným kroužkem. Další věcí bylo spojení hrdla a příruby v jednu součást, bez potřeby dodatečné montáže.

V tomto horním pouzdro jsou umístěny, včetně těsnících kroužků také protipožární ucpávky. Ucpávky jsou stlačeny a utěsněny víčkem a utaženy šesti zápusťnými šrouby. Díky těmto změnám byl splněn požadavek, aby horní dotěšňovací pouzdro bylo kdykoliv za provozu vyměněno.



**Obr. 5.5 - Návrh uložení a utěsnění ovládacího čepu (MSA)**

## 6 NÁVRH A VÝPOČET ZVOLENÉ KONSTRUKCE

### 6.1 Upravené konstrukční prvky

Musím upozornit, že veškeré úprav v hrdle jsou provedeny až po navaření polotovaru hrdla k tělesu kulového kohoutu. Taktéž je potřeba vysoustružit kořen svaru hrdla ( $1 \div 2$  mm) a část hrany hrdla, detail na (Obr. 5.5), která nám slouží pouze pro přesné usazení do tělesa před svařováním. S těmito požadavky je nutné v rozměrovém návrhu počítat.

#### 6.1.1 Ovládací čep

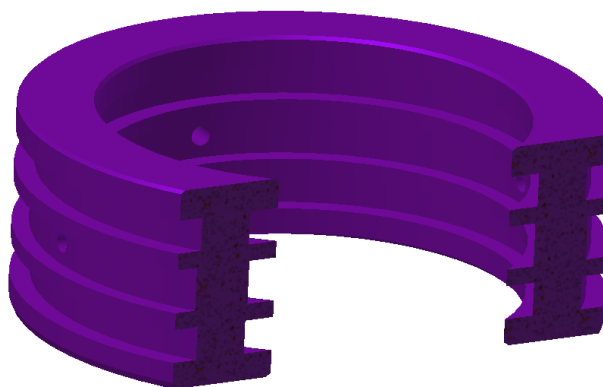
U ovládacího čepu došlo ke změně velikostí a také ke změnám v odstupňování. Délka čepu narostla o 31 mm oproti původnímu, který byl využíván u šroubovaného kulového kohoutu. Velikost přípojovacího rozměru zůstala bezezměny. Rozměr osazení, na kterém je umístěno ložisko s pouzdry bylo z důvodu nutnosti vysoustružit kořen svaru zvětšeno na průměr 171 mm. Jak je vidět na obrázku (Obr. 5.5) mezi osazením čepu a tělesem kohoutu bude vůle, která má být v rozmezí  $1 \div 2$  mm.

#### 6.1.2 Ložisko

Kluzné ložisko, které je umístěno mezi osazením čepu a pouzdrem (Obr. 6.1), muselo být změněno podle úprav na ovládacím čepu. Vnitřní průměr 125,5 mm a vnější průměr 171 mm.

#### 6.1.3 Pouzdro

Pouzdro je umístěno na osazení čepu a na kluzném ložisku. Horní a spodní drážka jsou pro gumové těsnění kruhového průřezu, prostřední drážka se čtyřmi díry o průměru 6 mm slouží pro rozvod maziva. Toto platí jak pro vnitřní drážky, tak pro vnější část pouzdra.



Obr. 6.1 - Pouzdro

#### 6.1.4 Dělený kroužek s přítlačným kroužkem

Princip zajištění bezpečnosti proti vystřelení čepu zůstal zachován. Ke konstrukční změně došlo pouze u přítlačného kroužku, na který byl umístěn závit. Tento závit byl u předešlého návrhu z bodu 5.2 umístěn na horní části pouzdra.

#### 6.1.5 Horní pouzdro

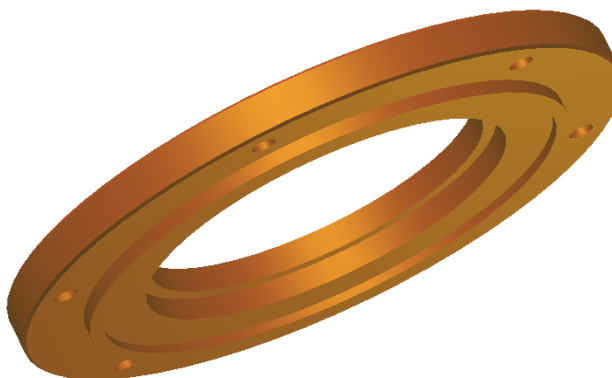
Díky tomu, že přítlačný kroužek má závit a tím zajišťuje bezpečnost proti vystřelení, můžeme horní pouzdro a jeho vnitřní i vnější těsnění s protipožární šňůrou kdykoliv vyměnit. A to i za provozu, bez nutnosti vypouštění média z kohoutu. Toto pouzdro (Obr. 6.2) nám slouží pouze k dotěsnění. Pracovní tlak, který je v kohoutu, nám plně utěsňuje spodní pouzdro. Z tohoto důvodu můžeme nezbytné výměny provádět za provozu.



**Obr. 6.2 - Horní pouzdro**

#### 6.1.6 Víčko

Slouží k dotlačení horního pouzdra na přítlačný kroužek se závitem a pro zabránění vnikání větších nečistot. Na spodní části víčka (Obr. 6.3) jsou výstupky, které dotlačují protipožární těsnící šňůry. Víčko se šroubuje osmi zápusťnými šrouby M12 k hrdlu kulového kohoutu.



**Obr. 6.3 - Víčko**

## 6.2 Výpočet tlaku na obálku

Pro kontrolu byl proveden numerický výpočet minimální tloušťky stěny tlakové obálky.

U litiny a jiných neželezných kovů vycházíme z meze pevnosti materiálu. Pro používaný materiál s označením A350 LF2 je mez pevnosti 483 MPa [9].

$$\sigma_{dov,t} = \frac{R_m}{k_m} \quad (6.1)$$

$$k_m = 5 \text{ až } 7$$

$$\sigma_{dov,t} = \frac{483}{6} = 80,5 \text{ MPa}$$

Poměr dovoleného namáhání  $\sigma_{dov,t}$  k maximálnímu vnitřnímu přetlaku  $p$

$$k = \frac{\sigma_{dov,t}}{p} \quad (6.2)$$

$$p = 10 \text{ MPa}$$

$$k = \frac{80,5}{10} = 8,08$$

Stanovení minimální tloušťky stěny:

$$s = \frac{d}{2} \cdot \left( 1 - \sqrt{\frac{k-1}{k+1}} \right) \quad (6.3)$$

$$s = \frac{0,738}{2} \cdot \left( 1 - \sqrt{\frac{8,08-1}{8,08+1}} \right)$$

$$s = 0,043 \text{ m} = 43 \text{ mm}$$

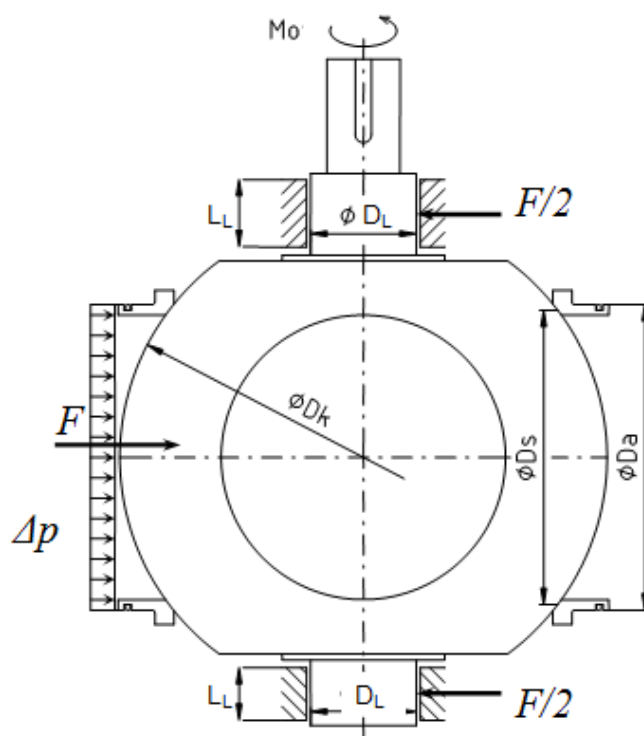
Minimální tloušťka stěny na největším průměru kulového kohoutu musí být větší než 43 mm. Tato podmínka je splněna. U zkonstruovaného kulového ventilu je tato stěna rovna 61 mm. Toto zvětšení je hlavně z důvodu tvarového zeslabení. Detailnější pevnostní analýzu získáme z metody MKP v kapitole 8.

## 6.3 Výpočet ovládacích sil a momentů

Použitý výpočtový model vychází z teoretických vztahů korigovaných podle výsledků měření a zkušeností z praxe.

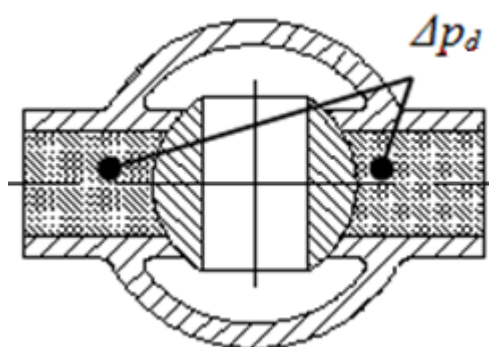
Tab.1- Vstupní hodnoty (Obr. 6.4)

$F_f$	$D_k$	$D_s$	$D_b$	$D_S$	$D_L$	$\Delta p$	$\Delta p_d$
[N]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[MPa]	[MPa]
8 440	730	516	512,8	516	180	10	10



Obr. 6.4 - Schéma kulového kohoutu [1]

Kulový kohout je možno otevírat také při působení dvoustranného tlaku (Obr. 6.5)  $\Delta p_d$ , tj. odtlakovaném vnitřním prostoru KK .



Obr. 6.5 - Působení dvoustranného tlaku [1]



### 6.3.1 Otevírání při jednostranném diferenciálním tlaku

*Celkový ovládací moment:*

$$M_o = \max (M_{PASSIV}, M_{\Delta p}) \quad (6.4)$$

$$M_{\Delta p} = M_L + M_S \quad (6.5)$$

$$F_m = \frac{\pi}{4} \cdot (D_a^2 - D_S^2) \cdot \Delta p \quad (6.6)$$

$$F_m = \frac{\pi}{4} \cdot (512,8^2 - 516^2) \cdot 10$$

$$F_m = 25\,856 \text{ N}$$

*Třecí moment v ložiscích:*

$$M_L = F \cdot \frac{D_L}{2} \cdot f_L \quad (6.7)$$

$$f_L = 0,05$$

$$M_L = 2\,065\,313,17 \cdot \frac{0,18}{2} \cdot 0,05$$

$$M_L = 9292 \text{ Nm}$$

$$F = \frac{\pi}{4} \cdot D_a^2 \cdot \Delta p \quad (6.8)$$

$$F = \frac{\pi}{4} \cdot 512,8^2 \cdot 10$$

$$F = 2\,065\,313 \text{ N}$$

*Třecí moment v sedlech:*

$$M_{S1} = \frac{F_m + 2 \cdot F_f}{\sqrt{1 - \left(\frac{D_S}{D_K}\right)^2} + f_s \cdot \frac{D_S}{D_K}} \cdot \frac{\sqrt{D_K^2 - 0,5 \cdot D_S^2}}{2} \cdot f_s \quad (6.9)$$

$$f_s = 0,22$$

$$M_{S1} = \frac{25\,856,56 + 2 \cdot 8440}{\sqrt{1 - \left(\frac{0,516}{0,73}\right)^2 + 0,22 \cdot \frac{0,516}{0,73}}} \cdot \frac{\sqrt{0,73^2 - 0,5 \cdot 0,516^2}}{2} \cdot 0,22$$

$$M_{S1} = 3\,444,7 \text{ Nm}$$

### 6.3.2 Otevírání při dvoustranném diferenciálním tlaku

$$M_{S2} = \frac{2 \cdot F_m + 2 \cdot F_f}{\sqrt{1 - \left(\frac{D_S}{D_K}\right)^2 + f_s \cdot \frac{D_S}{D_K}}} \cdot \frac{\sqrt{D_K^2 - 0,5 \cdot D_S^2}}{2} \cdot f_s \quad (6.10)$$

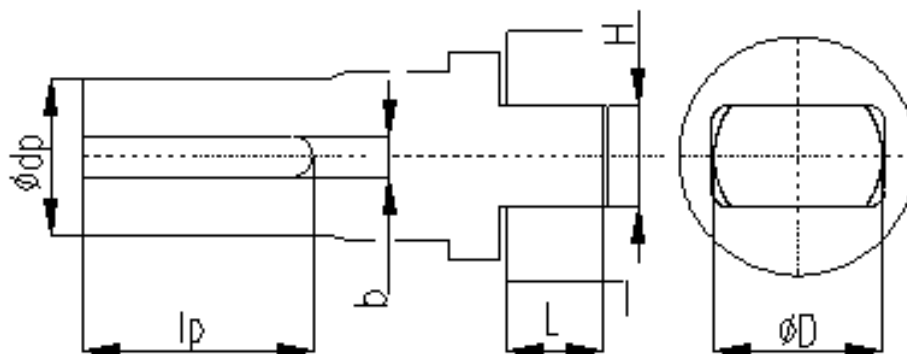
$$M_{S2} = \frac{2 \cdot 25\,856,56 + 2 \cdot 8440}{\sqrt{1 - \left(\frac{0,516}{0,73}\right)^2 + 0,22 \cdot \frac{0,516}{0,73}}} \cdot \frac{\sqrt{0,73^2 - 0,5 \cdot 0,516^2}}{2} \cdot 0,22$$

$$M_{S2} = 5\,528,81 \text{ Nm}$$

Tab.2 – Vypočtené ovládací momenty

$M_{O1}$	$M_{O2}$	$M_{PASSIV,}$	$M_L$
[Nm]	[Nm]	[Nm]	[Nm]
12 737,7	14 821,81	6 000	9 293

### 6.4 Pevnostní kontrola ovládacího čepu



Obr. 6.6 - Rozměry čepu [17]

Tab.3- Vstupní rozměry ovládacího čepu (Obr. 6.6)

$F_f$	$d_p$	$l_p$	$b$	$L$	$H$	$\varnothing D$	počet per	výška pera
-------	-------	-------	-----	-----	-----	-----------------	-----------	------------

[N]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[—]	[mm]
8 440	115	157	32	75	78	130	2	18

#### 6.4.1 Připojovací část

*Kontrola na krut:*

$$\tau_p = \frac{M_{O2}}{\frac{\pi \cdot d_p^3}{13} + \frac{n_p \cdot b \cdot h \cdot (2 \cdot d_p - h)}{16 \cdot d_p}} \quad (6.11)$$

$$\tau_p = \frac{14\,821,81}{\frac{\pi \cdot 0,115^3}{13} + \frac{2 \cdot 0,032 \cdot 0,018 \cdot (2 \cdot 0,115 - 0,018)}{16 \cdot 0,115}}$$

$$\tau_p = 111,6 \text{ MPa}$$

*Podmínka pevnosti na krut:*

$$\tau_p \leq \frac{\frac{R_e}{1,5}}{\sqrt{3}} \quad (6.12)$$

*Materiál hřídele 11 503.5  $R_e = 310 \text{ MPa}$  [14]*

$$\tau_p \leq \frac{\frac{310}{1,5}}{\sqrt{3}}$$

$$111,6 \text{ MPa} \leq 119,32 \text{ MPa} \text{ podmínka splněna}$$

*Měrný tlak na pero:*

$$p_p = \frac{4 \cdot M_{O2}}{n_p \cdot d_p \cdot h \cdot l_p} \quad (6.13)$$

$$p_p = \frac{4 \cdot 14\,821,81}{2 \cdot 0,115 \cdot 0,018 \cdot 0,157}$$

$$p_p = 91 \text{ MPa}$$

$$91 \text{ MPa} \leq 200 \text{ MPa} \text{ podmínka splněna}$$

#### 6.4.2 Spojení ovládacího čepu a koule

*Kontrola na krut:*

$$\tau_s = \frac{M_{O2} \cdot (3 \cdot B + 1,8 \cdot H)}{B^2 \cdot H^2} \quad (6.14)$$

$$\tau_s = \frac{14\,821,81 \cdot (3 \cdot 0,104 + 1,8 \cdot 0,078)}{0,104^2 \cdot 0,078^2}$$

$$\tau_s = 101,9 \text{ MPa}$$

$$101,9 \text{ MPa} \leq 119,32 \text{ MPa} \text{ podmínka splněna}$$

Kontrola na otláčení:

$$B = \sqrt{D^2 - H^2} \quad (6.15)$$

$$B = \sqrt{0,13^2 - 0,078^2}$$

$$B = 0,104$$

$$p_p = \frac{6 \cdot M_{02}}{L \cdot B^2} \quad (6.16)$$

$$p_p = \frac{6 \cdot 14\,821,81}{0,075 \cdot 0,104^2}$$

$$p_p = 109,6 \text{ MPa}$$

$$p_p \leq 1,3 \cdot \frac{Re}{1,5} \quad (6.17)$$

$$109,6 \leq 1,3 \cdot \frac{310}{1,5}$$

$$109,6 \text{ MPa} \leq 268,7 \text{ MPa} \text{ podmínka splněna}$$

## 6.5 Kontrola děleného kroužku

I když tento kroužek je zajištěn přitlačným kroužkem se závitem, který nám výrazně zmenší namáhání na dělený kroužek, tak jej zkontrolujeme. Dělený kroužek bude namáhán na otláčení a na smyk, tímto zatížením na něj působí ovládací čep. Ovládací čep je vytlačován silou tlaku pracovního média.

*Tlak média 10N/mm<sup>2</sup>*

*Materiál děleného kroužku 11 550 Re = 295 MPa [14]*

*Materiál ovládacího čepu 11 503.5 Re = 310 MPa p<sub>DOV</sub> = 60 MPa [14]*

### 6.5.1 Výpočet působící síly na čep a dělený kroužek

Mezikruží ovládacího čepu, na který působí síla média:

$$D = 171 \text{ mm}$$

$$d = 130 \text{ mm}$$

$$S = \frac{\pi \cdot D^2}{4} - \frac{\pi \cdot d^2}{4} \quad (6.18)$$

$$S = 22\,965,83 - 13\,273,23$$

$$S = 9\,692,6 \text{ mm}^2$$

*Ploše S odpovídá síla 96 926 N , jedná se o sílu, která bude působit na dělený kroužek.*

#### 6.5.2 Kontrola na smyk

*Průměr, na kterém dojde ke smyku  $d = 155 \text{ mm}$*

*Tloušťka děleného kroužku  $t = 10 \text{ mm}$*

$$S = \pi \cdot d \cdot t \quad (6.19)$$

$$S = \pi \cdot 155 \cdot 10$$

$$S = 5\,372,1 \text{ mm}^2$$

$$\tau_D = \frac{\frac{Re}{1,5}}{\sqrt{3}} \quad (6.20)$$

$$\tau_D = \frac{\frac{295}{1,5}}{\sqrt{3}}$$

$$\tau_D = 113,55 \text{ MPa}$$

$$\tau_s = \frac{F}{S} \leq \tau_D \quad (6.21)$$

$$\tau_s = \frac{96\,926}{5\,372,1} \leq 113,55$$

$$18,04 \text{ MPa} \leq 113,55 \text{ MPa} \quad \text{podmínka splněna}$$

#### 6.5.3 Kontrola na otlačení

*Mezikruží, na kterém dojde k otlačení:*

$$D = 171 \text{ mm}$$

$$d = 155 \text{ mm}$$

$$S = \frac{\pi \cdot D^2}{4} - \frac{\pi \cdot d^2}{4} \quad (6.22)$$

$$S = \frac{\pi \cdot 171^2}{4} - \frac{\pi \cdot 155^2}{4}$$

$$S = 4\,096 \text{ mm}^2$$

$$p = \frac{F}{S} \leq p_d \quad (6.23)$$

$$p = \frac{96\,926}{4\,096} \leq 60$$

$$23 \text{ MPa} \leq 50 \text{ MPa} \quad \text{podmínka splněna}$$

## 6.6 Kontrola uložení uzavírací koule

Jak bylo v kapitole 4 zmíněno, koule s ložiskem je uložena v desce, která je na (Obr. 4.11). Tato deska je k víkům volně zajištěna dvěma čepy na obou stranách desky. Jde o čepy průměru 20 mm a délky 60 mm. Mezi víkem a deskou je vůle pohybující se kolem 2 mm. Díry se závity v čepích jsou z důvodu možnosti jejich lehčího vytažení.

*Celková zátěž:*

$$m_c = m_k + m_d + m_{\check{c}} \quad (6.24)$$

$$m_c = 553 + 57 + 41$$

$$m_c = 651 \text{ kg}$$

*Zátěž na jeden čep:*

$$m_1 = \frac{m_c}{4} \quad (6.25)$$

$$m_1 = \frac{651}{4}$$

$$m_1 = 163 \text{ kg} \Rightarrow 1597 \text{ N}$$

*Kontrola na smyk:*

$$\tau_s = \frac{F}{\frac{\pi \cdot d_s^2}{4}} \leq \tau_D \quad (6.26)$$

$$\tau_s = \frac{1597}{\frac{\pi \cdot d_s^2}{4}} \leq 70$$

$$d_s \geq 5,39 \text{ mm}$$

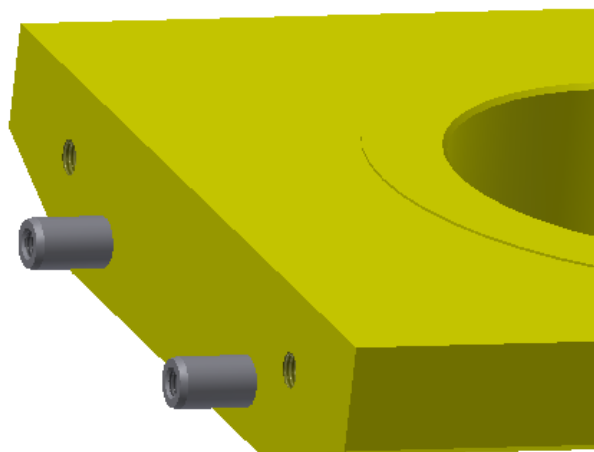
*Kontrola na otlačení:*

$$p = \frac{F}{t \cdot d_s} \leq p_d \quad (6.27)$$

$$p = \frac{1597}{30 \cdot d_s} \leq 30$$

$$d_s \geq 1,77 \text{ mm}$$

I přes menší zvětšení hmotnosti ovládacího čepu jsou tyto čepy desky (Obr. 6.7) stále vyhovující a vyhovují kontrole na smyk i otlačení. Bezpečnost i po delším používání je v pořádku.



**Obr. 6.7 - Deska s čepy**

## **6.7 Kontrola šroubů stojin a úchytlů**

Jak již bylo možno vidět na předcházejících obrázcích těleso kulového kohoutu je posazeno na čtyřech patkách. Tyto patky jsou přišroubovány vždy dvěma šrouby k víku tělesa. Díry a závity ve víku jsou vyhotoveny až po svařování tělesa.

Pro lepší manipulaci s kulovým kohoutem, jsou v horní části víka umístěny úchyty, na každém víku dva úchyty. Úchyty jsou uchyceny stejnými druhy šroubu, jako patky ve spodní části.

### 6.7.1 Výpočet stojin

Hmotnost kulového kohoutu přivařovacího typu je kolem 2150 kg. Tato hmotnost byla určena podle modelu v programu Inventor 2012.

Hmotnost média v kohoutu je cca 250 kg

*Celková zátěž:*

$$m_c = 2150 + 250 \quad (6.28)$$

$$m_c = 2400 \text{ kg}$$

*Zátěž na jeden šroub:*

$$m_1 = \frac{m_c}{8} \quad (6.29)$$

$$m_1 = \frac{2400}{8}$$

$$m_1 = 300 \text{ kg} \Rightarrow 2943 \text{ N}$$

*Kontrola na smyk:*

$$\tau_s = \frac{F}{\frac{\pi \cdot d_s^2}{4}} \leq \tau_D \quad (6.30)$$

$$\tau_s = \frac{2943}{\frac{\pi \cdot d_s^2}{4}} \leq 70$$

$$d_s \geq 7,31 \text{ mm}$$

*Kontrola na otláčení:*

$$p = \frac{F}{t \cdot d_s} \leq p_d \quad (6.31)$$

$$p = \frac{2943}{12 \cdot d_s} \leq 30$$

$$d_s \geq 8,175 \text{ mm}$$



Podle výpočtů mohou být použity u patek i šrouby velikosti M10. My jsme zachovali šrouby používané dosud a to M30. Tato volba je hlavně z důvodu, že na horní části příruby bude ještě přišroubován ovládací mechanismus s převodovkou a pohonem.

#### 6.7.2 Výpočet úchytů

Výpočet úchytů (Obr. 6.8) je totožný s výpočtem a kontrolou stojin v bodě 6.7.1, jelikož byly použity stejné šrouby a tloušťka úchytů je stejná jako u patek. Velikost šroubů M30 je také zvolen z důvodu, že ne vždy bude při manipulaci s kulovým kohoutem využito všech úchytů.



**Obr. 6.8 - Držák**

### 6.8 Poznámky k pevnostnímu výpočtu kohoutu

Možnosti typů konstrukce uzavíracích armatur je velice pestrý a to jak z důvodů rozdílných typů armatur tak také podle požadavků kladených na tyto armatury. Některé části konstrukce jsou spojeny s nutností dodržet předpisy a normy, jiné jsou ponechány na úvaze a rozhodnutí konstruktéra.

Vlastní konstrukci tělesa a ovládacího mechanismu předchází stanovení typu připojení s nutnými rozměry a určení výpočtových hodnot. Poté volíme předběžně další základní rozměry a ty kontrolujeme silovými výpočty. Důležitým parametrem je také vhodně zvolený materiál a to s ohledem na potřebnou pevnost a pracovní médium.

Pevnostní výpočty jednotlivých částí armatur jsou aplikací výpočtu tlakových nádob a jiných strojních součástí s ohledem na jejich namáhání. Tyto výpočty jsou ovšem jen a ve větší míře výpočtem srovnávacím a vypočtené hodnoty je potřeba experimentálně ověřit. V dnešní době spíš využijeme moderní metody konečných prvků. Namáhání je předpokládáno statické, z toho vyplývá, že pevnostní výpočty jsou dosti zjednodušené.

## 6.9 Problematika výpočtu těles armatur

Hlavním prvkem výpočtu tělesa armatur je návrh tloušťky stěny, případně kontrolní výpočty napětí ve stěně tam, kde předpokládáme největší koncentraci napětí. U složitých tvarů těles, jaké se v dnešní době vyskytují, se nám nepodaří určit zcela přesně hodnoty napětí. Výpočet napětí náhradních útvarů nepsaných (např. válcových těles) je pak výpočtem srovnávacím, výpočet skutečných hodnot pro porovnání s dovoleným namáháním získáme zavedením empiricky zjištěných koeficientů (např.: podle tenzometrických napjatostí ve stěně). Tato metodika výpočtu aplikovaná v praxi se při navrhování armatur v běžných případech osvědčila.

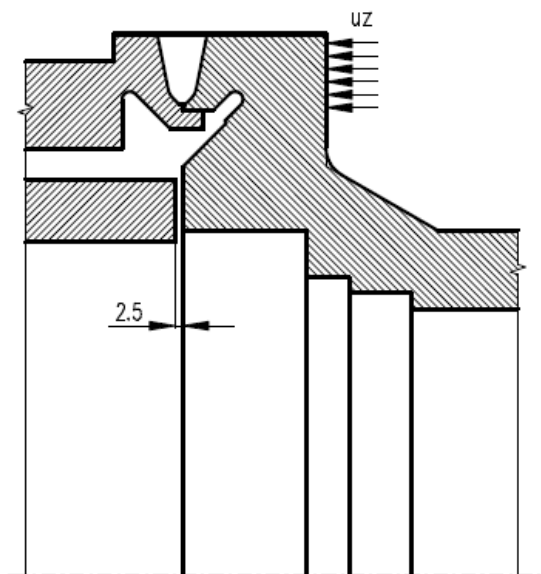
V současné době jsou požadovány neustále rostoucí parametry armatur, potrubí a tlakových nádob. Taktéž jsou kladeny velice vysoké požadavky na přesnost výpočtů. Nejedná se jen o růst tlaků, světlosti potřebného potrubí, teploty média, ale současně i o úsporu materiálu, a tedy o využití tenkostěnných nádob a zajištění bezpečného a spolehlivého provozu i pro jadernou energetiku.

## 7 NÁVRH TYPŮ POUŽITÝCH SVARŮ

### 7.1 Historie tvaru svarů

Při návrhu celosvařovaného provedení kulového kohoutu z dodávaných kovaných polotovarů bylo provedeno vzorkové řízení s hlavním cílem minimalizovat rozvoj trhlin v pracovním průběhu kulového kohoutu. Tento vývoj byl realizován již v době 1990 až 1995, kdy se začaly realizovat první návrhy kulového kohoutu řady K83 z výkovků. Použitá technologie svařování byla „svařování pod tavidlem“. Tento typ svařování se využívá i u dnes vyráběných svařovaných kulových kohoutů. Její stručný princip je uveden v bodu (7.6)

Z výsledků a zkoušek byl navržen tvar, který je vyobrazen na (Obr. 7.1) s názvem tvaru „motýlek“. Navržený tvar svaru měl za úkol minimalizovat rozvoj trhlin v průběhu provozu. Další konstrukční zvláštností je mezera mezi deskou, ve které jsou uložena ložiska a víkem ventilu. Tato mezera je většinou v rozmezí 2,5 až 4 mm dle tlakové třídy a velikosti kulového kohoutu.



Obr. 7.1 - Svar DN500 PN100 - TW standartní tvar K83 ( motýlkový ) [9]

### 7.2 Ověřování a kontrola

Díky zkouškám se musely odhalit možné negativní vlivy provaření na tvar uzlu. Dále bylo prověřováno, jaká výška výplně svaru ovlivňuje deformaci. Při testování bylo také zkoušeno přerušit svařování tělesa za účelem ochlazení. Nevýhodou tohoto typu svaru je, že mezera byla odhadnuta experimentálně, bez ověření skutečného stavu.

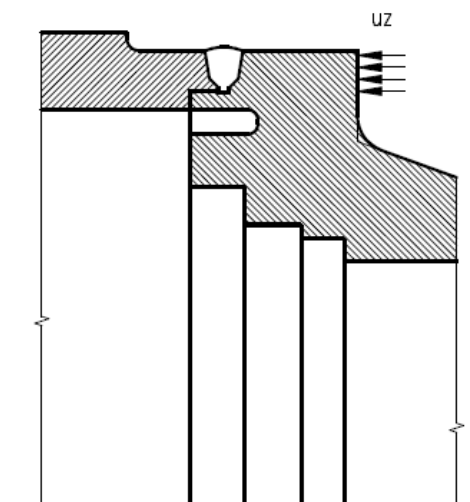
V průběhu výroby kulového kohoutu řady K83 se objevilo, že řada nemá „dojeté mezery“, což se projevilo charakteristickým dunivým zvukem při zkoušení těsnosti kulového kohoutu, kdy vnitřní soustava koule-sedla-desky dorazily na protější víko ve směru

působícího tlaku. Díky tomuto problému by mohlo docházet k reklamacím kulového kohoutu. Při rozpíchnutí vadného kohoutu byl tento problém potvrzen.

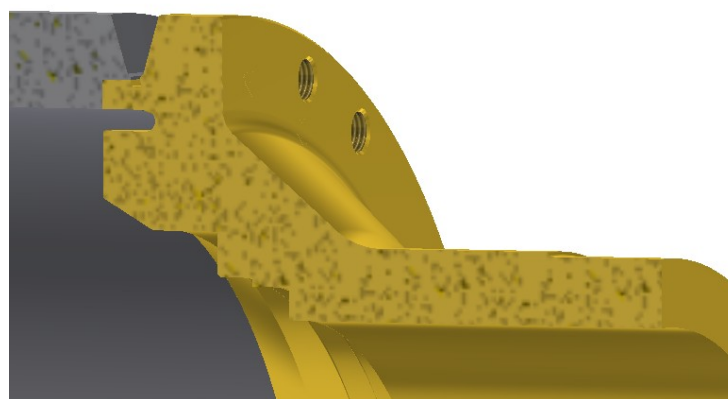
Na obrázcích (Obr. 7.1), (Obr. 7.2) je šipkami se značkou UZ označena nutná rovinná plocha, která je nezbytná pro kontrolu svaru ultrazvukem.

### 7.3 Nově navržený tvar s odlehčovací drážkou

Jak již bylo v bodu 7.1 zmíněno, je v současné době používán tvar odlehčovací drážky ve tvaru tzv. „motýlka“. Z důvodu úspory materiálu a snížení hmotnosti se začal vyvíjet nový typ odlehčovací drážky (Obr. 7.3). Typ svarové hrany a jeho úprava zůstala nezměněna.



Obr. 7.2 - Nový tvar svaru K89 [9]



Obr. 7.3 - Tvar svařované drážky na tělese ventilu

### 7.4 Parametry svařování

Pro výrobu kulového kohoutu s novým typem odlehčovací drážky byly použity výkovky z materiálu A 350 LF2 (víko, těleso). Pro svařování byla použita metoda 121(SAW). Svar se svařuje přídatným drátem TD Ni2-UP s klasifikací dle EN ISO 14171 – S2 Ni2

o průměru 3,0 mm, tavby 253178600. Pro svařování bylo použito tavidlo OK Flux 10.62 s tavbou PN 218549. Svar byl proveden v souladu s WPS 0333.

Pro kořenovou vrstvu byl proud nastaven na hodnotu 300 až 400 A a elektrické napětí v rozmezí 26 až 32 V. Rychlost 30 až 40 cm/min.

Nastavení svařovacího přístroje při svařování výplně svarového spoje  $I = 370$  až  $500\text{ A}$  a  $U = 26$  až  $32\text{ V}$  s rychlostí posuvu  $v = 35$  až  $45\text{ cm/min}$ .

## **7.5 Zhodnocení nového typu drážky**

Odlehčovací drážka výrazně snižuje napětí v kořeni svaru vyvolaná namáháním kulového kohoutu vnitřním přetlakem. Ověřování nového typu drážky bude probíhat ve čtyřech etapách. Nejprve bude potřeba vyrobit nově navržený kulový ventil a svařit jej do funkčního vzorku. Poté následuje zkoušení a testy funkčnosti i při přetížení. Pokud ventil splní funkční parametry, pak následuje měření zbytkových napětí ve svaru. Konečnou částí je zhodnocení nově zkonstruovaného typu ventilu a posouzení, zda je možné kulový ventil uvolnit do výroby pro konečné zákazníky.

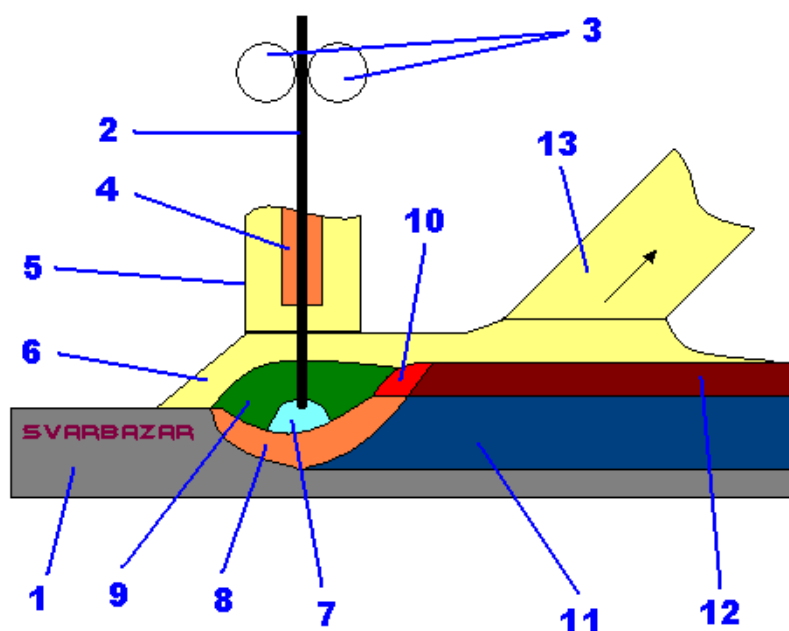
## **7.6 Svařování pod tavidlem**

Svařování pod tavidlem řadíme mezi nejkvalitnější typ svařování. Patří také mezi nejproduktivnější svařovací metody kovů. Při svařování dochází k minimálnímu uvolňování emisních škodlivin, při svařování nevzniká nežádoucí UV záření. I přes tyto nesporné výhody tohoto typu svařování, svařovací automaty v běžných svařovnách nalezneme zřídka. Díky tomu, že není tolik rozšířena, její princip a funkce není tolik známa. První prototypy a zkoušky sahají až do roku 1935.

Základní princip svařování pod tavidlem se v zahraničí označuje jako SAW (Submerged Arc Welding). V základu se jedná o podobný princip, jako je svařování elektrickým obloukem, kde se taví elektroda. Elektrický oblouk hoří mezi svařovaným tělesem a odtavující se elektrodou. Elektroda je dodávána ve formě drátu o různých průměrech, která je navinuta na buben. Díky elektromotoru je zabezpečen výlet drátu a jeho dodávání. Podobný princip svařování je také u metody MIG/MAG.

Hlavním rozdílem je ochranná lázeň, která nám chrání svar před oxidací. Zabraňuje přístupu vzduchu do tavné lázně. Ochrannou svarovou lázeň zajišťuje práškové tavidlo. Toto práškové tavidlo je neustále dodáváno a přisypáváno na místo, kde hoří elektrický oblouk. Důsledkem tohoto tavidla je, že elektrický oblouk není ani vidět (hoří pod tavidlem). Díky

tomu vzniká minimum škodlivých látek a plynů. Pro lepší názornost principu funkce je postup znázorněn na obrázku (Obr. 7.4).



**Obr. 7.4 - Princip svařování pod tavidlem [6]**

- 1- Základní materiál, 2- Drátová elektroda, 3- Podávací kladky, 4- Napájecí kontaktní průvlak,  
5- Hubice přiváděcí tavidlo, 6- Práškové tavidlo, 7- Elektrický oblouk, 8- Tavná svarová lázeň,  
9- Dutina naplněná plynem, 10- Roztavená struska, 11- Ztuhlý svarový kov, 12- ztuhlá struska,  
13- Odsávání přebytečného tavidla



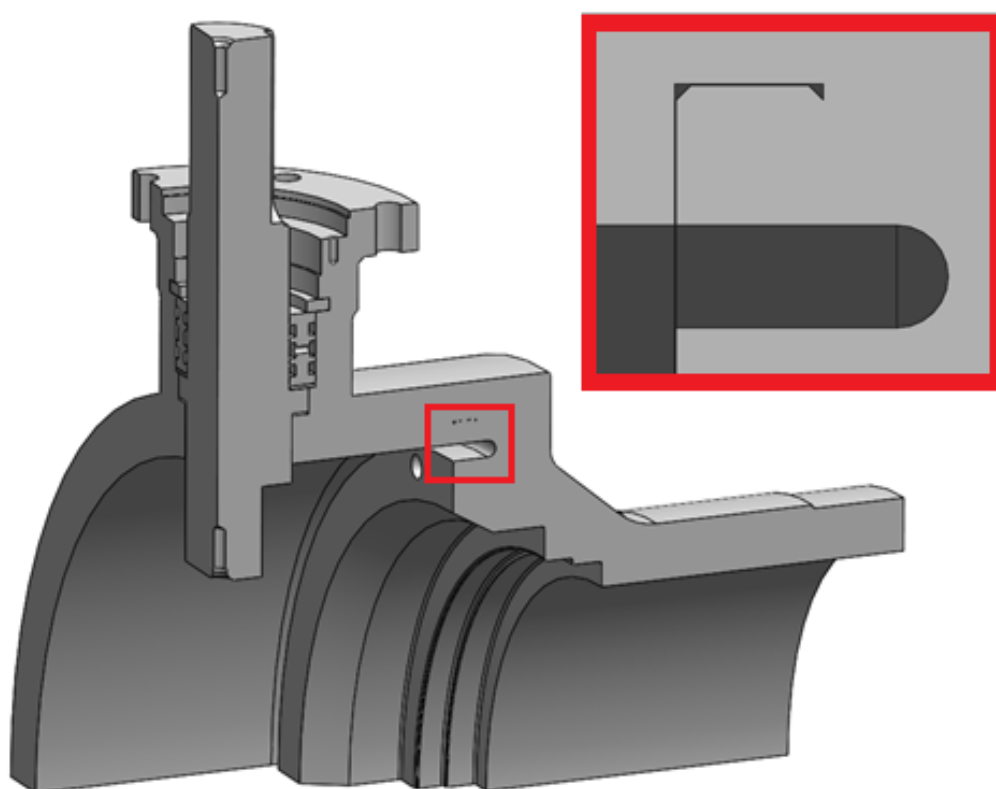
**Obr. 7.5 - Svařovací automat OERLIKON ve společnosti MSA**

## 8 KONTROLA METODOU MKP

Ve společnosti MSA se pro kontrolu nově navržených armatur využívá program SolidWorks 2015 a jeho modul pro statickou analýzu. Většinou se kontrola provádí ve 2D. V tomto případě jsem zvolil pro lepší názornost pevnostní simulaci ve 3D.

### 8.1 Vstupní parametry

Kulový kohout je symetrická součást, proto při výpočtu byla nahrazena symetrií a zkoumána byla pouze její jedna část. V kontrole kulového kohoutu se předpokládá, že svary jsou z lepšího materiálu než samotná obálka kulového kohoutu. Proto byly svary odstraněny a z tělesa se stala jedna součást. Jediné, co u svaru zůstalo, je mezera mezi víkem a tělesem u odlehčovací drážky. Tato mezera má přibližně 1 mm a je zanechána z důvodu, aby bylo možno i na tyto plochy zavést při simulaci tlak. Detail je vidět na obrázku (Obr. 8.1).

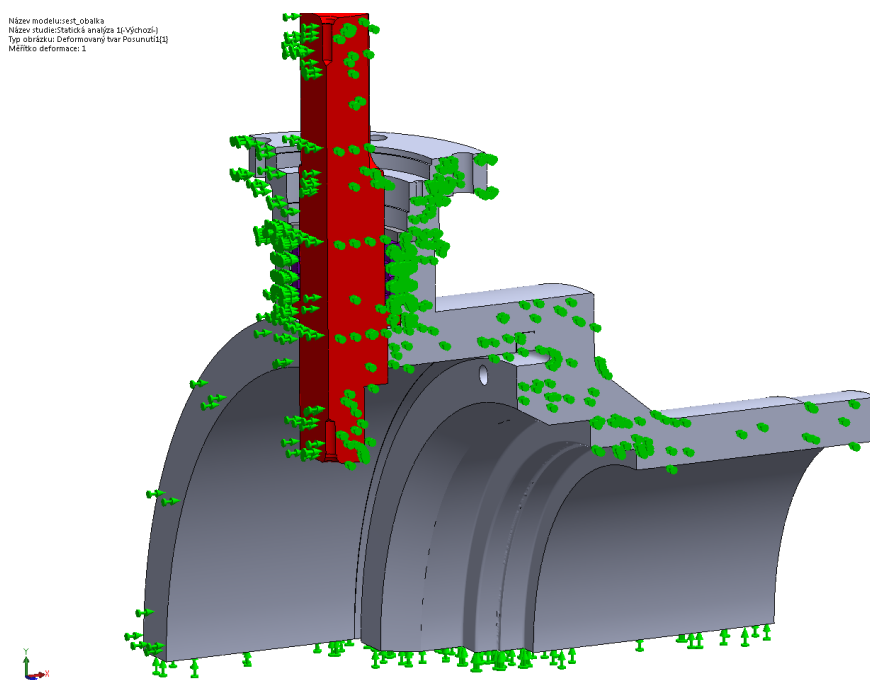


Obr. 8.1 - Upravený model pro simulaci

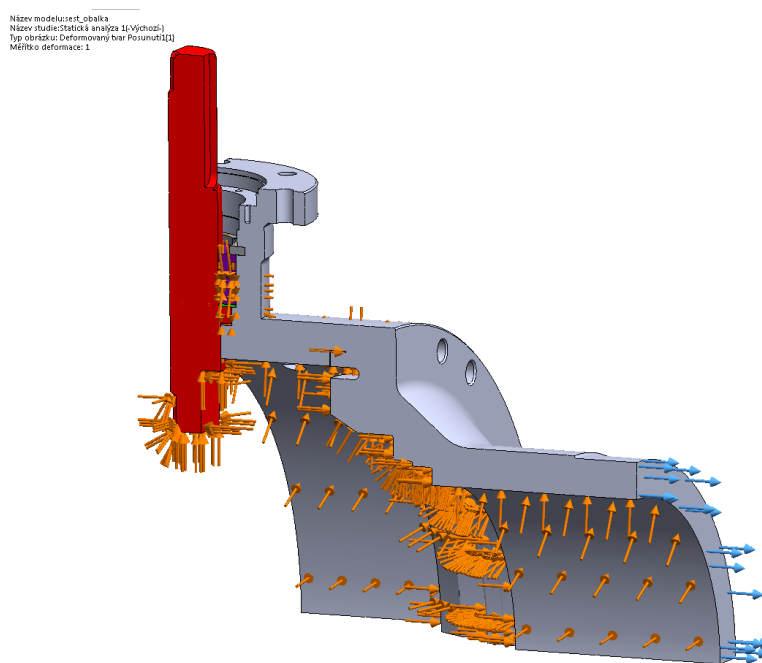
Dále byla odstraněna většina nepotřebných úkosů a zaoblení pro zjednodušení výpočtu při simulaci. Simulace se nezabývala vnitřními částmi kulového kohoutu, jako je plovoucí deska s ložisky nebo koule. Na těchto částech nebyla prováděna žádná změna a byly již zkontrolovány při dřívějších konstrukcích.

### 8.1.1 Nastavení před simulací

Okrajové podmínky, vazby kulového kohoutu byly umístěny v osách X, Y, Z, na obrázku (Obr. 8.2) jsou označeny zelenými šipkami. Vstupní zatížení je vnitřní pracovní tlak média, který je již v zadání uveden. Jedná se o tlak 10 MPa, při jakém bude pracovat armatura. Vnitřní tlak 10 MPa je vidět na obrázku (Obr. 8.3) a je znázorněn oranžovými šipkami. Další zatížení je označeno modrými šipkami. Toto zatížení je přepočtený pracovní tlak média na tlak, který působí pouze na čelo víka kohoutu. Jedná se tedy o tlak 24,12 MPa ( $24,12 \text{ N/mm}^2$ ).



Obr. 8.2 - Okrajové podmínky

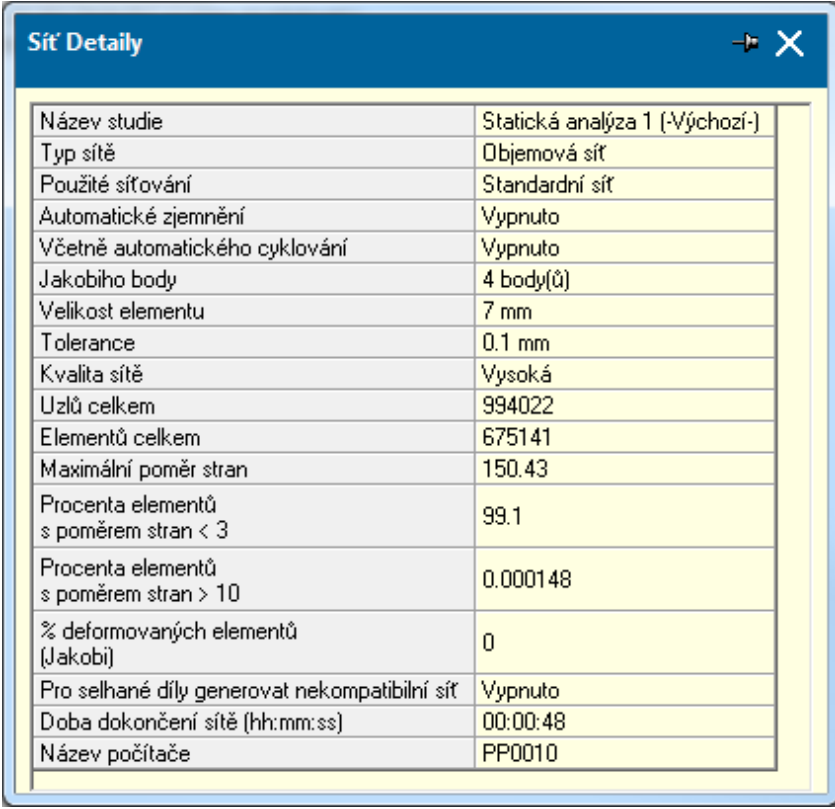


Obr. 8.3 - Zatížení kulového kohoutu



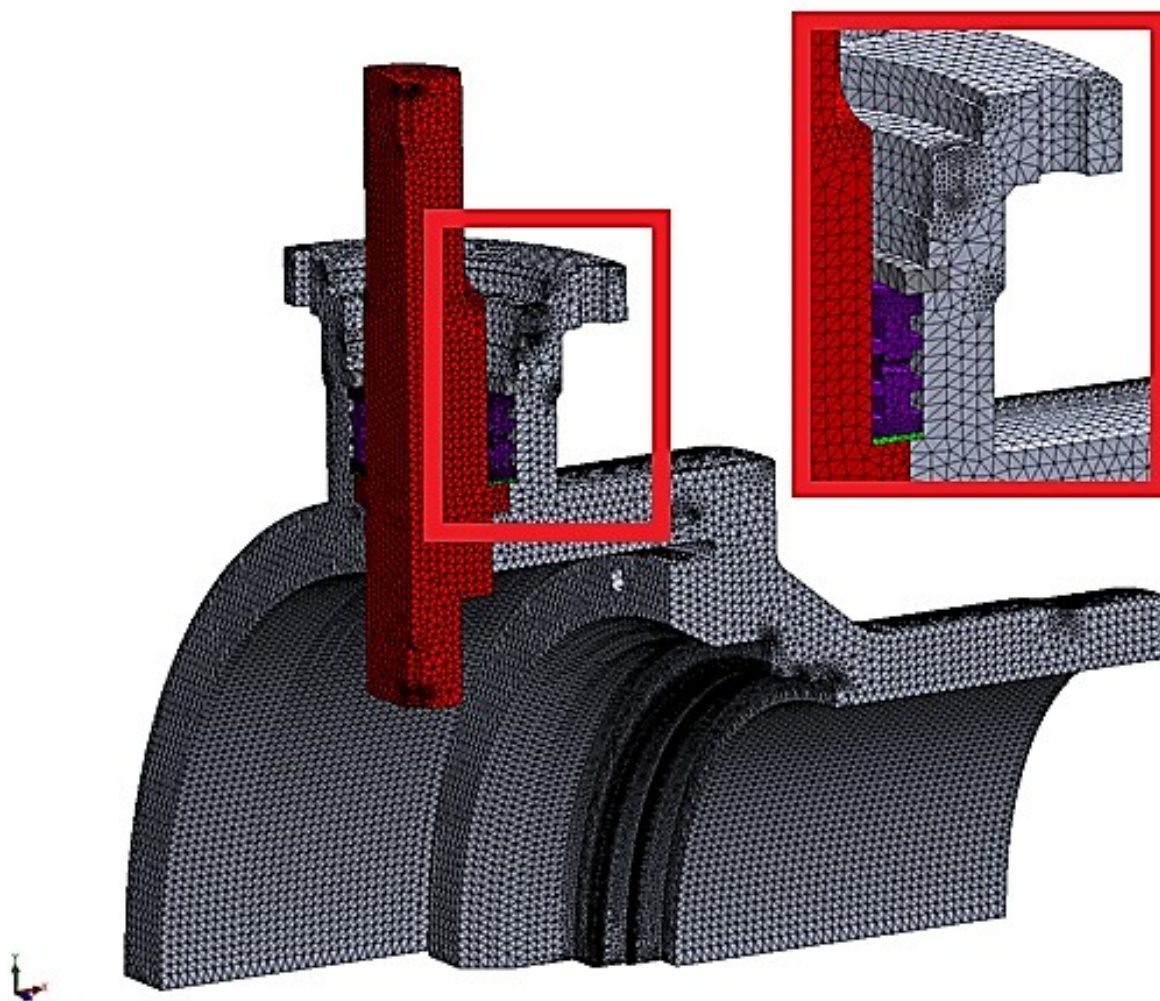
### 8.1.2 Nastavení sítě

Síť modelu byla nastavena na velikost jednoho elementu 7 mm, při toleranci 0,1 mm. Podrobnější informace o nastavení síťování modelu vidíme na obrázku detailu sítě (Obr. 8.4). Jemnější zasíťování je nastaveno na dosedacích plochách pro sedlo v oblasti hran. Dalším jemnější zasíťování (Obr. 8.5) můžeme naléznout v místě mezery pro svar a poté také v místě hrdla, kde se nachází díry se závitem pro přišroubování víčka.



Název studie	Statická analýza 1 (-Výchozí-)
Typ sítě	Objemová síť
Použité síťování	Standardní síť
Automatické zjemnění	Vypnuto
Včetně automatického cyklování	Vypnuto
Jakobiho body	4 body(ů)
Velikost elementu	7 mm
Tolerance	0.1 mm
Kvalita sítě	Vysoká
Uzlů celkem	994022
Elementů celkem	675141
Maximální poměr stran	150.43
Procenta elementů s poměrem stran < 3	99.1
Procenta elementů s poměrem stran > 10	0.000148
% deformovaných elementů (Jakobi)	0
Pro selhané díly generovat nekompatibilní síť	Vypnuto
Doba dokončení sítě (hh:mm:ss)	00:00:48
Název počítače	PP0010

Obr. 8.4 - Detaily sítě



**Obr. 8.5 - Vysíťovaný model s detailem pouzdra**

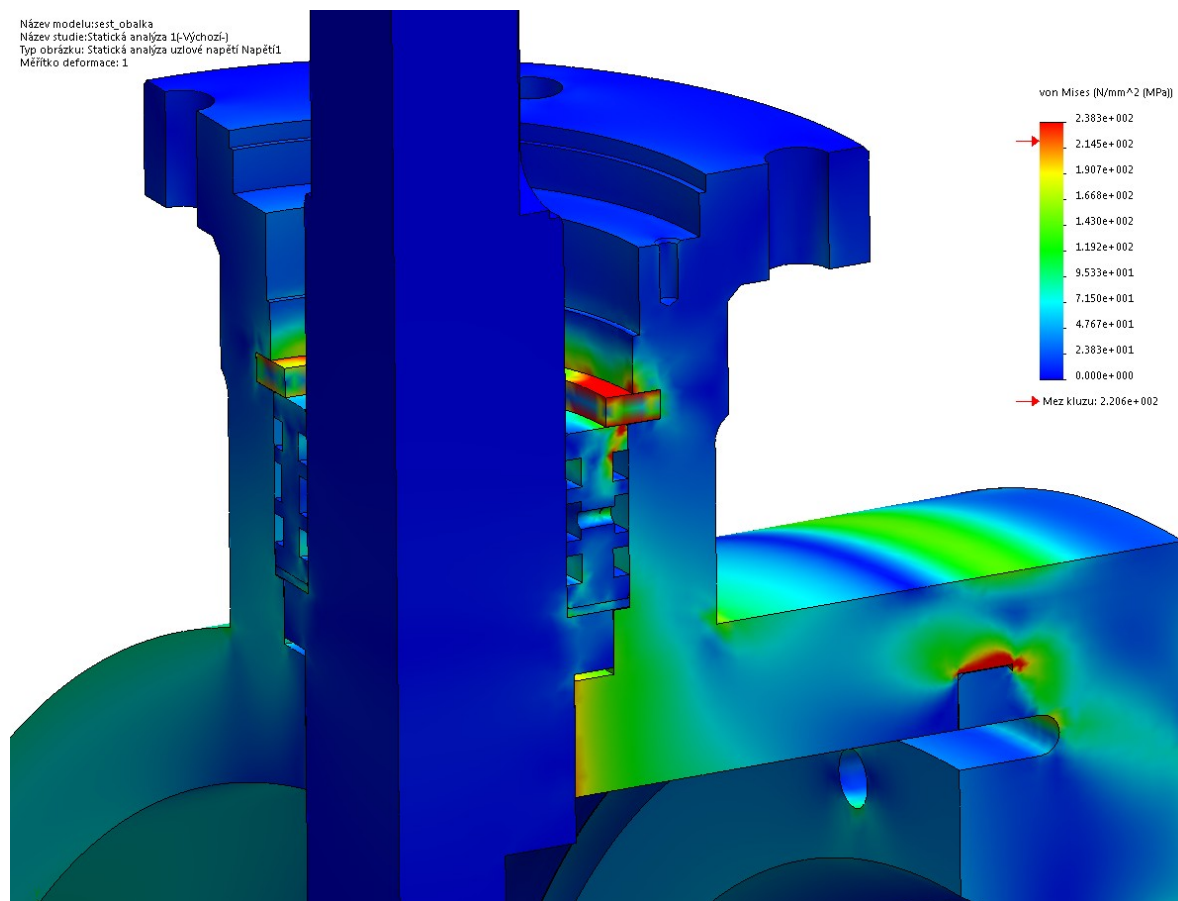
## **8.2 Napětí**

První simulace byla kontrola napětí v konstrukci kulového kohoutu (Obr. 8.6). Mez kluzu materiálu tělesa je 250 MPa. Odlišným materiálem oproti tělesa je ovládací čep, pouzdro a dělený kroužek. Kontrolovaný dělený kroužek má vyšší mez kluzu  $Re = 295$  MPa oproti tělesu kulového kohoutu.

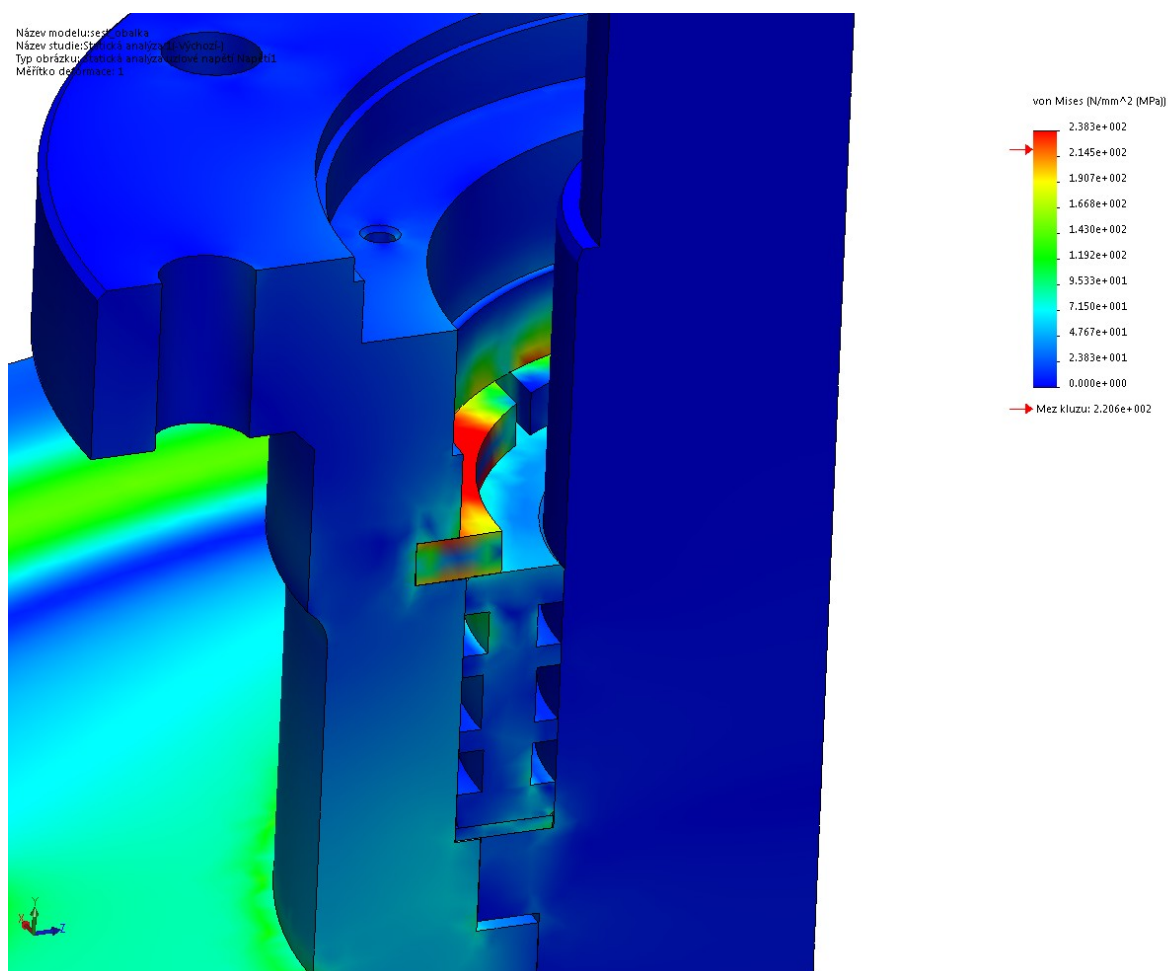
Prvním místem, kde se nachází větší koncentrace napětí, je místo odlehčovací drážky u krčku svaru mezi tělesem kohoutu a víkem. Přesněji jde o mezeru, která byla již zmíněna v bodě 8.1. Napětí v tomto místě je kolem 200 MPa. V provozu kulového kohoutu nemůže dojít k porušení obálky. Toto napětí se nenachází přímo v místě svaru.

Druhým podstatnějším místem, kde se nachází větší koncentrace napětí, je dělený kroužek. Detail můžeme vidět na obrázku (Obr. 8.7). V místě děleného kroužku je napětí 220 MPa. Ve skutečnosti napětí bude daleko menší, jelikož se nad tímto kroužkem nachází ještě přítlačný kroužek se závitem, který nám toto napětí velice zmenší.

Po konzultaci s výpočtáři ve společnosti MSA, jsem došel k závěru, že tyto hodnoty jsou zcela v mezi únosnosti a nepředstavují žádné riziko při správném používání. Tyto armatury mají předpokládanou životnost až 30 let, což odpovídá asi 5 tis. pracovním cyklům. Tyto parametry jsou konzultovány a upravovány dle přání zákazníka.



**Obr. 8.6 - Simulace napětí konstrukce kulového kohoutu**



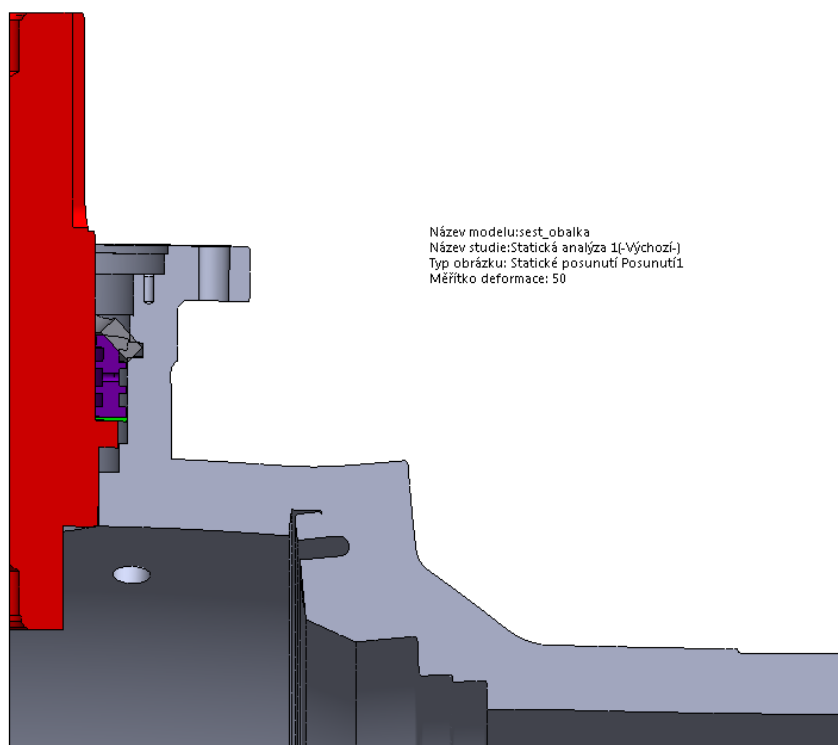
**Obr. 8.7 - Detail napětí děleného kroužku**

### 8.3 Posunutí

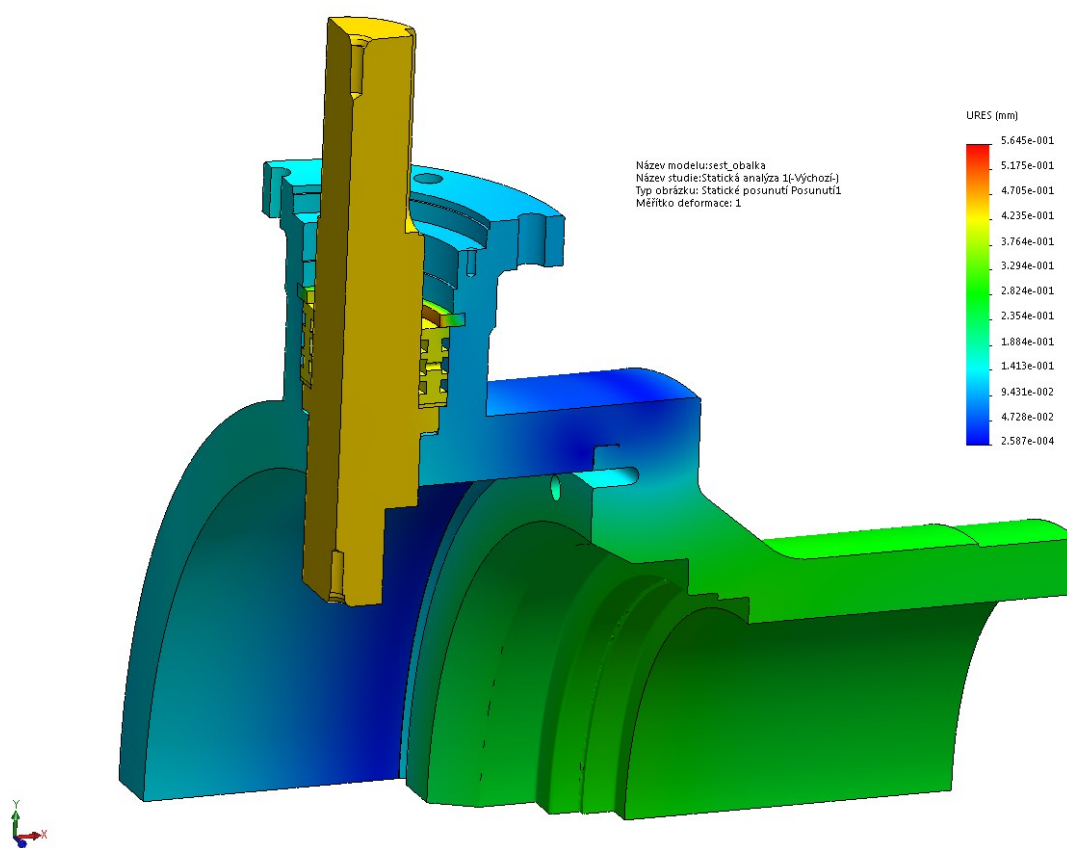
Další modelovou simulací kulového kohoutu je kontrola posunutí. Touto simulací zjistíme, jak se bude zkonstruovaný kohout chovat při maximálním zatížení. Na prvním obrázku (Obr. 8.8) níže vidíme posunutí, která je zvětšeno v měřítku 50. Největší posunutí zaznameneáme ve stejných místech, jako bylo zjištěno největší napětí. První místo, je ve svaru tělesa a víka, kde dochází k posunutí kolem 0,3 mm. Toto posunutí je měřeno na hraně přivařovacího víka.

Druhým místem, na které se musíme blíže zaměřit, je v hrdlu součásti. Tlak media se bude snažit vystřelit ovládací čep. Tomuto vystřelení nám zabráňuje právě dělený kroužek. V kontrole vidíme, že tlak media se snaží vylomit dělený kroužek. Na dalším obrázku (Obr. 8.9) je na stupnici maximálního posunutí kroužku hodnota 0,56 mm. Toto posunutí nastane pouze v případě, že při provozu kulového kohoutu vytáhneme přítlačnou matici se závitem.

Vyjmutí matice za provozu není z bezpečnostních důvodů povolen. Odstranění matice provádíme pouze při uzavřeném kulovém kohoutu a vypuštěnému zbytku média v případě, že chceme provést výměnu těsnění v pouzdře nebo výměnu ložiska.



**Obr. 8.8 - Simulace posunutí (měřítko deformace M 50:1)**



**Obr. 8.9 - Simulace posunutí**



## 9 SESTAVOVÁNÍ KULOVÉHO KOHOUTU

U všech svarů, které budou namáhány vnitřním přetlakem, je potřeba vyrazit značku a číslo svářeče. Tato značka bude vyražena k příslušným svarům na blízkých plochách. Svou značku „OK“ vyrazí taktéž kontrola kvality na přírubu u ovládacího čepu kulového kohoutu. U těch svarů, které budou namáhány vnitřním přetlakem, musí kontrolní úsek provést kapilární zkoušku. Vnitřní části, jako je těleso a víka, je nutno namazat ochranným nátěrem. Je nežádoucí natírat sedlovou plochu. Před montáží ložisek namažeme stykové plochy tukem Molyka, který nám zabrání korozi, opotřebení a zadírání u součástí. Tentýž mazací tuk využijeme také u všech závitových částí.

Plochy mezi hrdlem a přírubou je potřeba po obvodě utěsnit Lukoprenem. Tímto se zamezí „průsakům“ nakondenzované vody během provozu kulového kohoutu.

Poslední důležitou věcí je přinýtotovat na kompletně smontovaný a nalakovaný ventil štítky s uvedeným přesným typem ventilu, datem výroby, rozměry, zkouškách a certifikátech. K těmto důležitým údajům náleží taktéž jejich mezinárodní ekvivalenty. Na obrázku (Obr. 9.1) vidíme sestavování kulového kohoutu se svařovanou obálkou, kde jedno víko tělesa je již přivařeno a druhou stranou se vkládají vnitřní komponenty kohoutu.



Obr. 9.1 - Sestavování kulového kohoutu

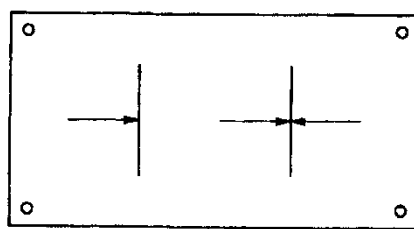
## 9.1 Připojení pohonu ventilu

Jak již bylo v práci zmíněno, na přírubu (Obr. 4.6) kohoutu se připojuje buď ruční ovládání nebo elektrický pohon s převodovkou, nejčastěji šnekovou. Pro přenos krouticího momentu slouží dvě pera pootočená od sebe o  $180^\circ$ , šířce 32 mm a možné délce 155 mm.

Na přírubě je 8 otvorů o průměru 22 mm, které jsou stejnoměrně rozmístěny na průměru 298 mm. Při utahování šroubů příruby je nutno tyto spoje dotáhnout utahovacím momentem  $M_k = 1300 \text{ Nm}$ .

## 9.2 Značení armatur

Armatury musejí být značeny v souladu s požadavky. Značení ražením na hlavních částech, jako je víko a těleso, se musí provádět nízkonapěťovým razídkem bodového typu. Všechny vyrobené armatury musí mít svůj štítek, který je vyroben z austenitické nerezavějící oceli. Tento štítek musíme bezpečně připevnit tak, aby byl dobře čitelný a přístupný. Štítek a výrobní číslo smějí být vynechány u armatur menších než DN 50 po dohodě. Zákazník si může specifikovat, co všechno má být uvedeno na štítku. U armatur s jedním sedlem jednosměrným a jedním sedlem dvousměrným musejí být směry obou sedel vyznačeny na samostatném identifikačním štítku znázorněném na obrázku (Obr. 9.2) Na uvedeném obrázku je symbol vlevo označující jednosměrné sedlo a druhý dvousměrné sedlo.



Obr. 9.2 - Identifikační štítek [17]

## 9.3 Příprava k odeslání

Po kompletním smontování a sestavení kulového kohoutu je nutné, aby byly konce zaslepeny (Obr. 9.3). Díky tomu je zabráněno poškození těsnících ploch a vnitřku armatur během přepravy.

Ochranné kryty konců kohoutu musí znemožňovat montáž armatur, dokud nebudou ochranné prvky sundány. Ochranné kryty používáme z materiálu jako je dřevo, dřevité vlákna, z kovu nebo plastu. Tento prvek připevňujeme šrouby, ocelovými či plastovými svorkami nebo jinými vhodnými prostředky.

Veškeré uzavírací prvky musí být dodávány ve zcela otevřené poloze, výjimkou jsou pouze armatury, které jsou vybaveny zavíracím pohonem při poruše.

Zpětné armatury od velikosti DN 200 musí obsahovat uzávěr zajištěný nebo podepřený během přepravy. Na ochranný kryt musíme umístit upozornění, jenž varuje na nutnost odstranit veškerý materiál, který podepírá uzávěr před montáží kohoutu.



**Obr. 9.3 - Kompletní kulový kohout, připravený k expedici**

#### **9.4 Nutná dokumentace**

Níže uvedená dokumentace musí být výrobcem uchovávána po dobu minimálně deseti let od data výroby:

- a) konstrukční dokumentace;
- b) specifikace svařovacího postupu (WPS);
- c) zpráva o kvalifikaci svařovacího postupu (PQR);
- d) kvalifikace výkonu svářeče (WPQ);
- e) záznamy o kvalifikaci personálu provádějícího nedestruktivní zkoušky;
- f) záznamy o kalibraci zkušebního zařízení;
- g) pro armatury DN 50 a větší:



- 1) protokol o zkoušce materiálů tělesa, víka (vík)
  - 2) výrobní číslo;
  - 3) výsledky tlakových zkoušek;
- h) pro armatury pro kyselý provoz certifikát o shodě s ISO 15156 (všemi částmi).

Odběratel nebo předpisy mohou specifikovat delší dobu uchovávání záznamů. Dokumentace musí být poskytnuta výrobcem v čitelné, vyhledatelné a reprodukovatelné formě a bez poškození.

## 10 ZÁVĚR

V této diplomové práci jsem měl za cíl zpracovat rešerši problematiky armatur s hlavním zaměřením na kulové kohouty a poté navrhnout celosvařovanou tlakovou obálku kohoutu. Po stručném úvodu a základnímu rozdělení jednotlivých armatur, se kterými se v dnešní době nejvíce setkáváme, jsem podrobně rozebral stávající konstrukci kulového kohoutu, na kterém se bude úprava konstrukce realizovat.

Další úvahy vedly na možnosti konstrukce, které bych mohl v našem případě využít, či realizovat. Po zhodnocení jednotlivých návrhů úprav a konzultací ve společnosti MSA a.s. jsem se přiklonil k vybranému řešení, které jsem podrobněji rozpracoval a vytvořil výrobní dokumentaci. Dalším upravovaným prvkem, kterým jsem se v práci zabýval, byla změna typu svaru a nahrazení stávajícího tzv. „motýlkového“ na jednodušší tvar s odlehčovací drážkou.

Jak jsem již v práci zmínil, tak podobným vývojem kulového kohoutu s celosvařovanou tlakovou obálkou se již ve skupině Rimera zabývali. Z tohoto jejich výzkumu celosvařované tlakové obálky byly použity jejich zjištěné poznatky. Tyto informace bylo ovšem nutno upravit pro daný kulový kohout DN500 PN100.

Při konstrukci obálky jsem se snažil co nejvíce minimalizovat celkovou hmotnost kohoutu. Tento požadavek se povedl naplnit a hmotnost byla snížena o 450 kg. Důležitým faktorem taktéž byla jednoduchost montáže, výroby a provozní spolehlivost. Při zkoušení komponentů, tlakové obálky, jsem využil metody konečných prvků, abych zjistil, jak se kohout bude chovat při maximálním zatížení a zda toto zatížení vydrží. Některé další konstrukční prvky jako jsou ovládání a nosné prvky byly zkontrolovány a propočítány základními výpočty.

Tato práce měla za cíl zkonstruovat a navrhnout možné úpravy kulového kohoutu. Požadavkem bylo navrhnout kompletní svařovanou konstrukci tělesa. Svařované těleso mělo být složeno ze dvou vík pravého a levého. Typ vík záleží na požadavku zákazníka. Mohou být obě přivařovacího typu nebo přírubového, či jejich kombinace. Další části svařovaného tělesa je samotná středová část a na ní přivařené hrdlo. Původní hrdlo kohoutu bylo montované, nově navržené hrdlo je již přivařovací. Na modelu a výkresech byla použita přivařovací víka.

Tato úprava kohoutu nebude mít žádný vliv na funkci a provoz. Veškerá výkresová dokumentace ke zkonstruovaným a upraveným prvkům je umístěna v příloze. Barvy komponentů na obrázcích jsou pouze pro přehlednost a rozlišení, nemají žádnou souvislost s materiálem nebo nutností použití tohoto barevného nátěru.

Závěrem bych rád poděkoval Ing. Miroslavu Radošovskému a vedoucímu konstrukce Ing. Janu Kupkovi ze společnosti MSA, a.s. Mé poděkování taktéž patří doc. Ing. Jiřímu Friesovi, Ph.D. za cenné rady, ochotu a vedení při zpracování mé diplomové práce.

## 11 SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] MSA RIMERA. MSA - Výrobce armatur. [online]. [cit. 2015-04-22]. Dostupné z: <http://www.msa.cz>
- [2] MPR Valves, s.r.o. - Průmyslové armatury - MPR Valves. [online]. [cit. 2015-04-22]. Dostupné z: <http://www.mprvalves.cz>
- [3] ARMATURY GROUP A.S. ARMATURY Group. [online]. [cit. 2015-04-22]. Dostupné z: <http://www.armaturygroup.cz>
- [4] I.B.C. Praha spol. s r.o. - České průmyslové armatury. I.B.C. PRAHA SPOL. S.R.O. [online]. [cit. 2015-04-22]. Dostupné z: <http://www.ibcp Praha.cz>
- [5] Wikipedie, otevřená encyklopedie. WIKIMEDIA FOUNDATION INC. [online]. [cit. 2015-04-22]. Dostupné z: <http://cs.wikipedia.org>
- [6] SVARBAZAR - internetový bazar svařecí techniky. Praktické informace o svařování. SVARBAZAR. [online]. [cit. 2015-04-22]. Dostupné z: <http://www.svarbazar.cz/>
- [7] ARMATURKA KRNOV, a.s. - Výroba, servis i prodej průmyslových armatur. ARMATURKA KRNOV, a.s. [online]. [cit. 2015-04-22]. Dostupné z: <http://www.armaturkakrnov.cz>
- [8] GRATZA, J. *Provádění UZ kontroly svarů u kulových kohoutů*, Interní zpráva MSA, 2013, 2 s.
- [9] KADĚRA, J. *Ověření závěrného svarového spoje kulového kohoutu s novým typem odlehčovací drážky*, Interní zpráva MSA, 2013, 4 s.
- [10] ROČEK, Jaroslav. *Průmyslové armatury: teorie a praxe*. Vyd. 1. Praha: SNTL - Nakladatelství technické literatury, 1975, 291 s.
- [11] MIKULA, Julius. *Potrubí a armatury*. 2. vyd. Praha: SNTL - Nakladatelství technické literatury, 1974, 583 s.
- [12] MYNÁŘ, Vladimír. *Části strojů: osy a nápravy, hřídele, čepy, valivá ložiska, kluzná ložiska, spojky a brzdy, základní mechanizmy, potrubí a armatury*. 1. vyd. Ostrava: Vysoká škola báňská, 1979, 399 s.

- [13] KALÁB, Květoslav a Pavel VÁVRA. *Části a mechanismy strojů pro bakaláře: pomocná učebnice pro školy technického zaměření*. 1. vyd. Ostrava: VŠB - Technická univerzita Ostrava, 2007, 90 s. ISBN 978-80-248-1290-8.
- [14] LEINVEBER, Jan a Pavel VÁVRA. *Strojnické tabulky: pomocná učebnice pro školy technického zaměření*. 1. vyd. Úvaly: Albra, 2003, xv, 865 s. ISBN 80-864-9074-2.
- [15] NECKÁŘOVÁ, Jarmila a Ladislav DOSKOČIL. *Potrubí a armatury*. Vyd. 2., přeprac. Praha: České vysoké učení technické, 1978, 172 s.
- [16] ŠVERCL, Josef a Pavel VÁVRA. *Technické kreslení a deskriptivní geometrie: pro školu a praxi*. 1. vyd. Praha: Scientia, 2003, 341 s. ISBN 80-718-3297-9.
- [17] ISO 14313 *Specifikace pro potrubní armatury*. API Publishing Services, 2007, 77 s.

## 12 SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1.1 - Logo akciové společnosti [1].....	9
Obr. 1.2 - Upravovaný kulový kohout (šroubovaný) [1] .....	9
Obr. 2.1 - Kulový kohout v částečném řezu [2].....	10
Obr. 3.1 - Kulový kohout s plovoucí koulí [3].....	12
Obr. 3.2 - Kulový kohout s plovoucím sedlem [3] .....	13
Obr. 3.3 - Klínové šoupátko [7] .....	14
Obr. 3.4 - Zpětná motýlková klapka (MSA) [1] .....	14
Obr. 3.5 - Uzavírací ventil [5].....	15
Obr. 3.6 - Zpětný ventil [11] .....	16
Obr. 3.7 - Pojistný ventil [11] .....	16
Obr. 4.1 - Šroubové provedení od společnosti MSA .....	17
Obr. 4.2 - Řez ovládání kohoutu MSA .....	17
Obr. 4.3 - Svařovaný kohout, přivařovacího typu.....	18
Obr. 4.4 - Ovládací čep .....	19
Obr. 4.5 - Hrdlo.....	19
Obr. 4.6 - Příruba .....	20
Obr. 4.7 - Koule .....	20
Obr. 4.8 - Polotovar koule.....	21
Obr. 4.9 - Těsnící prstenec .....	21
Obr. 4.10 - Detail prstence .....	22
Obr. 5.1 - Počáteční návrh pouzdra.....	25
Obr. 5.2 - Řez konstrukce pouzdra v hrdle .....	25
Obr. 5.3 - Pouzdro kulového kohoutu.....	26
Obr. 5.4 - Dělený kroužek s přitlačným kroužkem.....	26
Obr. 5.5 - Návrh uložení a utěsnění ovládacího čepu (MSA).....	27
Obr. 6.1 - Pouzdro.....	28
Obr. 6.2 - Horní pouzdro.....	29
Obr. 6.4 - Schéma kulového kohoutu [1].....	31
Obr. 6.5 - Působení dvoustranného tlaku [1] .....	31
Obr. 6.6 - Rozměry čepu [17] .....	33
Obr. 6.7 - Deska s čepy .....	38
Obr. 6.8 - Držák .....	40
Obr. 7.1 - Svar DN500 PN100 - TW standartní tvar K83 ( motýlkový ) [9].....	42

Obr. 7.2 - Nový tvar svaru K89 [9].....	43
Obr. 7.3 - Tvar svařované drážky na tělese ventilu .....	43
Obr. 7.4 - Princip svařování pod tavidlem [6] .....	45
Obr. 7.5 - Svařovací automat OERLIKON ve společnosti MSA .....	45
Obr. 8.1 - Upravený model pro simulaci .....	46
Obr. 8.2 - Okrajové podmínky .....	47
Obr. 8.3 - Zatížení kulového kohoutu .....	47
Obr. 8.4 - Detaily sítě.....	48
Obr. 8.6 - Simulace napětí konstrukce kulového kohoutu.....	50
Obr. 8.7 - Detail napětí děleného kroužku .....	51
Obr. 8.8 - Simulace posunutí (měřítko deformace M 50:1).....	52
Obr. 8.9 - Simulace posunutí .....	52
Obr. 9.1 - Sestavování kulového kohoutu.....	53
Obr. 9.2 - Identifikační štítek [17] .....	54
Obr. 9.3 - Kompletní kulový kohout, připravený k expedici.....	55

## 13 SEZNAM PŘÍLOH

NÁZEV	ČÍSLO VÝKRESU	FORMÁT	TYP VÝKRESU
Dělený kroužek	KAC0022-VV-01	A4	výrobní
Ložisko axiální	KAC0022-VV-02	A4	výrobní
Přítlačný kroužek	KAC0022-VV-03	A4	výrobní
Ovládací čep	KAC0022-VV-04	A3	výrobní
Horní pouzdro	KAC0022-VV-05	A4	výrobní
Pouzdro	KAC0022-VV-06	A4	výrobní
Víčko	KAC0022-VV-07	A4	výrobní
Hrdlo s přírubou	KAC0022-VV-08	A4	výrobní, polotovár
Těleso	KAC0022-VV-09	A3	výrobní
Víko, přivařovací	KAC0022-VV-10	A3	výrobní
Kulový kohout	KAC0022-SV-01	A1	sestavný
Detail opracování hrdla	KAC0022-SV-01-00	A3	výrobní, detail